
22102142329

Anatomie du Système Nerveux de l'Homme

Imprimerie des Trois Rois
(Société anonyme)
Directeur A. Uystpruyst
10, rue de la Monnaie, 10
Louvain.

Index décimal **611,8**

ANATOMIE
DU
SYSTÈME NERVEUX
DE L'HOMME

Leçons professées à l'Université de Louvain

PAR

A. Van Gehuchten

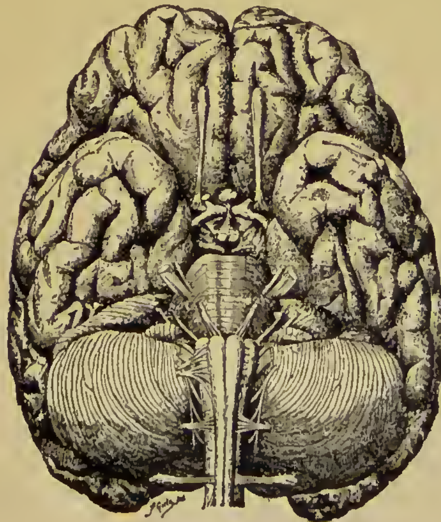
Professeur ordinaire à la Faculté de Médecine
Directeur de l'Institut Vésale



Troisième Edition

PREMIER VOLUME

avec 329 figures dans le texte



LOUVAIN
IMPRIMERIE DES TROIS ROIS (SOCIÉTÉ ANONYME)
A. UYSTPRUYST, directeur,
10, rue de la Monnaie, 10

1900

Préface de la première édition.

Les progrès réalisés dans nos connaissances concernant la structure interne du système nerveux central ont toujours marché de pair avec les progrès de la technique opératoire. C'est ainsi qu'au commencement de ce siècle, à l'époque où REIL fit connaître le durcissement artificiel du cerveau comme un moyen propre à faciliter les recherches anatomiques, on connaissait, il est vrai, les mille détails visibles sur la face externe de l'axe nerveux, mais on n'avait aucune idée de son organisation interne.

Les cerveaux durcis dans l'alcool ont alors été étudiés, pendant la première moitié de ce siècle, au moyen du couteau pour la dissection anatomique et au moyen de la pince pour la dissociation et la poursuite des fibres nerveuses.

La découverte importante faite par EHRENBERG en 1833, montrant le système nerveux central constitué d'un nombre incalculable de tubes capillaires, et la découverte des cellules nerveuses par v. HELMHOLTZ, REMAK, EHRENBERG et PURKINJE (1838 à 1840) nécessitèrent bientôt de nouveaux procédés d'investigation.

C'est alors que STILLING inaugura la méthode des coupes en série, et, avec elle, la poursuite des différents faisceaux nerveux à travers tout le système nerveux central.

Faites au rasoir et à main levée, sur des pièces uniquement durcies dans l'alcool, ces coupes furent examinées comme telles dans un peu de glycérine.

Ce procédé, tout primitif qu'il puisse paraître de nos jours, n'a pas empêché STILLING de jeter les bases de l'anatomie de la moelle

épinière, de la moelle allongée, de la protubérance annulaire et du cervelet telle qu'on la trouve dans tous les traités classiques modernes. C'est ce même procédé, combiné avec la méthode des dissociations au moyen de la pince, que MEYNERT a employé dans ses recherches très étendues sur la structure des différentes parties de l'axe cérébro-spinal. STILLING et MEYNERT ont fait, à eux deux, avec la méthode des dissociations à la pince, plus de découvertes dans l'anatomie du système nerveux que tous les savants qui les ont précédés.

La méthode inaugurée par STILLING est encore la seule employée de nos jours ; c'est à elle que l'on doit, en toute première ligne, toutes les découvertes importantes faites depuis un demi siècle.

Elle a cependant subi, entre les mains des successeurs de STILLING, des améliorations notables. L'alcool fut bientôt remplacé par l'acide chromique dilué et par des solutions étendues de bichromate de potassium amenant un durcissement plus régulier et donnant aux pièces une consistance plus ferme. La découverte du microtome facilita considérablement la confection de coupes fines et régulières, tout en fournissant des séries plus complètes. En 1858, GERLACH fit connaître les avantages de la coloration des coupes au moyen du carmin ; puis vinrent les couleurs d'aniline et, en particulier, la nigrosine. En 1884 enfin, WEIGERT publia sa méthode remarquable permettant de colorer par l'hématoxyline la gaine de myéline des fibres nerveuses à l'exclusion de tous les autres éléments du tissu nerveux.

Pour résoudre, avec ces différents moyens d'investigation, le difficile problème du trajet des routes nerveuses, les auteurs se sont adressés tour à tour à l'étude du système nerveux normal (STILLING, MEYNERT, etc.) ; à l'étude des dégénérescences secondaires, soit pathologiques (TÜRCK, BOUCHARD, CHARCOT et ses élèves, FLECHSIG, V. MONAKOW, etc.), soit expérimentales (SINGER, SINGER et MÜNZER, V. MONAKOW, SCHIEFFERDECKER, MARCHI, etc.) ; à celle des altérations survenues dans l'axe cérébro-spinal consécutives à des atrophies périphériques congénitales, accidentelles ou expérimentales (méthode de GUDDEN) ; enfin à la fameuse méthode de FLECHSIG consistant à

poursuivre les différents faisceaux nerveux à des époques variables du développement embryologique, grâce à ce fait constaté par FLECHSIG lui-même, que les fibres des différents faisceaux prennent, à des époques différentes, leur gaine de myéline.

Toutes ces recherches nous ont donné, sur la structure interne de l'axe nerveux, des idées générales assez bonnes, mais hypothétiques dans leurs points essentiels.

Ce sont ces idées sur le trajet des routes nerveuses et sur les connexions probables des fibres qui les constituent que l'on trouve développées dans tous les traités classiques.

L'anatomie du système nerveux ne consiste cependant pas uniquement dans une description pure et simple des différents faisceaux de fibres nerveuses qui servent à l'édifier. Ce qu'il importe avant tout de connaître, pour se faire une idée de son organisation interne, c'est l'endroit précis où chacune de ces fibres nerveuses trouve son origine ; c'est encore l'endroit où toutes ces fibres nerveuses se terminent ; ce sont surtout les multiples connexions qui s'établissent par ces fibres nerveuses, soit dans l'axe cérébro-spinal lui-même, soit en dehors de cet axe dans les organes périphériques ; c'est enfin le mode particulier suivant lequel s'exécutent toutes ces connexions centrales et périphériques

La découverte, faite par WAGNER en 1851, établissant que, parmi les prolongements multiples d'une cellule nerveuse, un seul était en relation directe avec une fibre nerveuse, découverte confirmée et généralisée par DEITERS en 1864, a fait faire le premier pas à la science dans cette voie nouvelle.

Cette découverte de WAGNER et de DEITERS s'appliquait seulement aux cellules nerveuses de la corne antérieure de la moelle épinière, dont un prolongement se continue, en réalité, avec le cylindre-axe d'une fibre motrice des racines antérieures. Une disposition semblable ne fut que soupçonnée par DEITERS pour les cellules nerveuses de la corne postérieure et pour leurs connexions avec les fibres des racines sensitives. Pour expliquer, avec une pareille structure de la moelle, les connexions morphologiques entre les cellules de

la corne antérieure et celles de la corne postérieure, les auteurs admettaient l'existence d'anastomoses entre les prolongement protoplasmatiques des cellules sensitives et des cellules motrices.

Vint alors, en 1871, la découverte importante de GERLACH, établissant que les fibres des racines postérieures ne représentent pas les prolongements cylindraxiles des cellules nerveuses de la corne postérieure, mais démontrant que ces fibres, dès leur entrée dans la corne postérieure, se divisent et se subdivisent pour se perdre dans la substance grise.

Cette découverte de GERLACH remettait en question l'important problème des connexions centrales reliant les fibres sensitives aux cellules motrices.

Mais les procédés d'investigation dont on disposait à cette époque étaient insuffisants pour résoudre toutes les données du problème. En l'absence d'observations positives, on a eu recours à des hypothèses : telle l'existence d'un réseau nerveux continu dans la substance grise de tout l'axe cérébro-spinal mettant en connexion directe les unes avec les autres les cellules nerveuses de tout le système nerveux central. Ce réseau nerveux de GERLACH aplanissait, en apparence au moins, toutes les difficultés. Il fut admis sans conteste par presque tous les physiologistes et a régné, comme un fait établi, dans la science pendant une quinzaine d'années.

Il est bien vrai qu'à partir de 1886, HIS, professeur à l'Université de Leipzig, se basant sur de nombreuses et patientes recherches embryologiques, s'efforça de battre en brêche l'existence d'un réseau nerveux ; la doctrine était trop fortement assise pour s'ébranler au premier coup.

Des observations et des considérations anatomo-pathologiques conduisirent FOREL, en 1887, à la même conclusion.

Pour donner une nouvelle impulsion à nos connaissances anatomiques dans le domaine du système nerveux, il fallait de nouvelles méthodes d'investigation. Elles ont été fournies presque en même temps par GOLGI et par EHRLICH.

GOLGI, professeur à Pavie, avait fait connaitre, dès 1873 déjà,

une méthode toute spéciale permettant de mettre en évidence, avec la plus grande netteté, les cellules nerveuses avec tous leurs prolongements. Cette méthode consiste à traiter successivement les parties quelconques du système nerveux central par du bichromate de potassium ou du sublimé corrosif et une solution de nitrate d'argent. Le chromate d'argent ou le chlorure d'argent se précipite, et les éléments constitutifs du tissu nerveux, jouissant de la propriété de fixer ces sels d'argent, apparaissent colorés en noir.

Cette méthode est restée pour ainsi dire dans l'oubli pendant une quinzaine d'années. Sa véritable valeur n'a été mise en lumière qu'à partir de 1888, époque à laquelle un savant espagnol du plus grand mérite, RAMON Y CAJAL, appliqua la méthode de GOLGI à l'étude du système nerveux embryonnaire et montra, par de nombreuses découvertes, tout le profit qu'on pouvait en tirer pour la science. Elle a été employée dans la suite, avec un égal succès, pour l'étude des différentes parties du système nerveux aussi bien chez les animaux inférieurs que dans les différents groupes de vertébrés et chez l'homme, par KÖLLIKER, nous-même, PEDRO RAMON, V. LENHOSSEK, RETZIUS, L. SALA, CL. SALA, EDINGER et un grand nombre d'autres auteurs.

La méthode au bleu de méthylène date de 1886. C'est à cette époque que EHRLICH a découvert ce fait important, que l'injection intra-veineuse d'une solution de bleu de méthylène, chez un animal vivant, détermine la coloration exclusive des éléments nerveux, dès que les tissus ainsi injectés arrivent au contact de l'air. La même coloration s'obtient, lorsqu'on laisse des tissus enlevés à un animal fraîchement tué s'imbiber quelque temps dans la même solution.

Cette méthode de EHRLICH, appliquée par BIEDERMANN et RETZIUS chez les animaux inférieurs, par EHRLICH, ARNSTEIN, DOGIEL et beaucoup d'autres à l'étude de la structure interne de parties nerveuses chez les animaux supérieurs, a confirmé dans ses points essentiels les résultats fournis par la méthode de GOLGI.

Ces deux méthodes, appliquées avec un rare bonheur en Espagne, en Allemagne, en Italie, en Suède et en Belgique, ont

révélé, coup sur coup, une quantité innombrable de faits nouveaux et ont amené ainsi une véritable révolution dans nos connaissances sur la structure interne du système nerveux central.

Elle serait trop longue à dresser la liste des découvertes dont la science est redevable à ces deux méthodes. En voici quelques-unes prises au hasard :

Il n'existe pas de réseau nerveux.

Il n'existe pas de fibre nerveuse indépendante d'une cellule nerveuse, mais toute fibre, quelle qu'elle soit, doit être considérée comme le prolongement cylindraxile d'une cellule nerveuse.

Une cellule nerveuse avec tous ses prolongements constitue un élément nerveux indépendant, une unité nerveuse, un neurone.

Tous les éléments nerveux sont indépendants les uns des autres.

La transmission des ébranlements nerveux d'un neurone à un autre neurone ne se fait pas par continuité, mais par contiguïté ou contact.

Tout le système nerveux cérébro-spinal et sympathique est formé d'éléments nerveux superposés.

La transmission de l'ébranlement nerveux, dans un neurone donné, se fait toujours d'après une direction déterminée : elle va des prolongements protoplasmatiques au corps cellulaire, du corps cellulaire au prolongement cylindraxile et, par celui-ci, aux prolongements protoplasmatiques d'un autre élément nerveux.

En présence de ces faits nouveaux d'une importance capitale, de nouvelles idées se sont fait jour sur la structure interne du système nerveux central, et les auteurs se convainquent de plus en plus que l'anatomie du système nerveux ne consiste pas uniquement dans la description plus ou moins exacte des différents faisceaux de fibres nerveuses qui entrent dans sa constitution et dans la recherche de leur trajet souvent assez complexe. Ce n'est là que le premier pas. Ce n'est là qu'un travail préparatoire à l'exécution duquel ont largement contribué et la méthode de coloration des fibres nerveuses de WEIGERT, et l'étude des dégénérescences secondaires

d'après la méthode de GUDDEN et la méthode embryologique de FLECHSIG.

Si nous voulons voir clair dans la structure interne du système nerveux, si nous voulons saisir la valeur morphologique et physiologique des différents faisceaux qui constituent ce système, nous devons reprendre, avec les méthodes nouvelles, tous les faisceaux qui ont été décrits et nous demander pour chacun d'entre eux : Où les fibres nerveuses qui constituent ce faisceau ont-elles leurs cellules d'origine? Où ces fibres nerveuses vont-elles se terminer? Avec quels éléments ces cellules nerveuses arrivent-elles en contact? A quels éléments les prolongements cylindraxiles de ces cellules nerveuses vont-ils transmettre l'ébranlement nerveux?

C'est là sans aucun doute un travail long et laborieux.

Les résultats brillants obtenus dans un espace de cinq années par la méthode au chromate d'argent de GOLGI et par la méthode de EHRLICH prouvent amplement que ce travail n'est pas au-dessus des forces humaines.

« La science ne consiste pas seulement dans une accumulation de faits isolés, écrivait le vieux BURDACH en 1819 (1). Il faut que de temps en temps on réunisse tous les faits nouveaux en un corps de doctrine. C'est seulement quand d'un seul coup d'œil on peut embrasser tout l'édifice que l'on s'aperçoit plus facilement et des lacunes qu'il présente et de la direction qu'il faut imprimer aux recherches futures ».

Ce sont ces paroles qui nous ont encouragé dans l'idée de réunir en un vaste ensemble les nombreux faits dont la science s'est enrichie pendant ces cinq dernières années. Nous aurions voulu retarder cette publication de quelques années encore : nous aurions pu acquérir d'ici là un peu plus d'expérience personnelle, en même temps que les faits nouveaux que l'on découvre tous les jours seraient venus combler bien des lacunes. Mais nous avons

---

(1) Cité d'après EDINGER : *Zwölf Vorlesungen über den Bau der nervösen Centralorgane.* Leipzig, 1892, p. 9.

dû nous incliner devant la nécessité, dans laquelle nous nous trouvons, de dispenser les nombreux étudiants, qui suivent chaque année nos leçons, de la lourde et fatiguante besogne de recueillir par écrit toutes nos paroles, plus préoccupés en somme d'annoter jusque dans leurs moindres détails toutes nos descriptions que de suivre pas à pas les idées que nous développons devant eux.

Nous n'avions pas même la ressource de les renvoyer à tel ou tel des nombreux traités d'anatomie parus dans ces dernières années, puisque les nouvelles idées sur la structure des centres nerveux semblent ne pas encore avoir reçu droit de cité. C'est ainsi que TESTUT, dans son excellent traité d'anatomie humaine paru en 1891, donne une description très détaillée et très précise des différentes parties de l'axe cérébro-spinal, mais semble ignorer complètement les travaux parus depuis 1888. C'est ainsi encore que OBERSTEINER, dans la deuxième édition de son livre « *Anleitung beim Studium des Baues der Nervösen Centralorgane im gesunden und kranken Zustande.* » Leipzig, 1892, dont une traduction française vient de paraître il y a à peine quelques mois, ne fait nulle part mention des idées nouvelles.

Nous avons, il est vrai, recommandé chaudement à nos élèves la troisième édition du livre du Dr EDINGER « *Zwölf Vorlesungen über den Bau der nervösen Centralorgane* », Leipzig, 1892, qui a accueilli avec enthousiasme les résultats des travaux de ces dernières années. Mais la plupart ne nos étudiants ignorent la langue allemande, et, de plus, le livre du Dr EDINGER, étant écrit pour des médecins, suppose connus une foule de détails dont nos étudiants avaient le plus grand besoin.

Nous nous sommes donc décidé à publier nos leçons sur l'anatomie du système nerveux telles que nous les avons faites devant nos élèves pendant le trimestre d'été de l'année 1893. Nous les avons quelque peu modifiées au cours de leur publication, parce que nous avons voulu utiliser le récent travail de H. HELD sur le trajet de la voie acoustique centrale, et que nous y avons ajouté des considérations nouvelles sur le trajet probable de la

voie sensitive centrale en connexion avec les nerfs périphériques de la moelle épinière et du tronc cérébral.

Nous avons voulu faire cette publication sous forme de « Leçons », parce que, étant destinée directement à l'enseignement, elle nous permettait de passer sous silence une foule de détails momentanément encore dépourvus d'importance pratique, et dont l'énumération fastidieuse ne peut qu'embrouiller le débutant. Ces détails ne trouvent leur place utile que dans de véritables « Traités » destinés à énumérer la somme totale des connaissances acquises sans tenir compte de leur importance relative.

Un autre motif qui nous a engagé à conserver à cette publication le caractère de « Leçons », c'est que ce genre de publication donne à l'auteur une plus grande liberté ; il tolère les redites, il permet que de temps en temps on retourne quelques pas en arrière, on jette un coup d'œil sur les leçons qui ont précédé pour mieux faire ressortir tel ou tel détail, telle ou telle structure, laquelle peut avoir une importance plus grande que les autres pour des étudiants qui se préparent à la carrière médicale. Rien de mieux d'ailleurs, pour faire entrer une vérité dans l'esprit de ses auditeurs, que de la leur présenter à des époques différentes et sous des aspects quelque peu variés.

Nous avons suivi, dans ces leçons, le même ordre que le Dr OBERSTEINER dans son livre. Nous avons d'abord consacré les sept premières leçons à l'étude de ce qu'on peut appeler « *la grosse anatomie de l'axe cérébro-spinal* ». Nous y avons décrit les différentes parties constitutives de l'axe nerveux, ainsi que tous les détails macroscopiques visibles soit sur la face externe de la moelle épinière, de l'arrière cerveau, du cerveau postérieur et du cerveau moyen, soit sur la face externe et sur des coupes macroscopiques du cerveau intermédiaire et du cerveau antérieur.

Cette description macroscopique est suivie d'une leçon consacrée à l'étude des *méninges*.

Nous abordons alors l'étude de la *structure interne du système nerveux central*. Ici nous devons faire appel aux *connaissances his-*

tologiques acquises antérieurement. Ces connaissances sont de la plus haute importance si l'on veut s'orienter quelque peu dans les leçons ultérieures. Pour raviver tous les souvenirs, nous les avons passées rapidement en revue dans les leçons 9 et 10.

Ainsi orienté quelque peu sur les différentes parties constitutives de l'axe cérébro-spinal et sur les éléments histologiques qui servent à les édifier, nous reprenons chacune de ces parties pour son compte et nous y étudions successivement :

1° La structure interne, au moyen d'une série de coupes transversales.

2° La circulation artérielle et veineuse, en insistant d'une façon toute spéciale sur l'origine et le mode de distribution des *artères nourricières*.

3° Les nerfs phériphériques qui dépendent de chaque partie de l'axe nerveux.

Cette longue étude forme l'objet des leçons 11 à 31.

Dans cette étude nous avons dû signaler bien des détails qui à plusieurs paraîtront peut-être superflus. Pour séparer le principal de l'accessoire, les faits essentiels des détails secondaires, nous avons repris, dans les leçons 32 à 37, une *vue générale de la structure de l'axe cérébro-spinal*. Nous avons divisé les faisceaux de fibres nerveuses qui constituent l'axe nerveux en *voies longues* et en *voies courtes*. Les voies longues comprennent la *voie motrice*, la *voie sensitive*, les fibres des *pédoncules cérébelleux inférieurs*, les fibres des *pédoncules cérébelleux supérieurs* et celles des *faisceaux cortico-protubérantiels*. Les voies courtes correspondent aux fibres du *faisceau fondamental* des trois paires de cordons de la moelle épinière et à celles du *faisceau longitudinal postérieur*.

Tous ces faisceaux de fibres nerveuses ont été étudiés, chacun pour son compte, depuis son origine jusqu'à sa terminaison. Nous avons insisté principalement sur le trajet des fibres sensitives dont la connaissance exacte est d'une importance capitale en pathologie nerveuse. Nous terminons cet aperçu général de la structure de l'axe nerveux par quelques considérations sur les *voies réflexes*.

Ces six leçons forment, en quelque sorte, la quintessence de tout ce que les étudiants en médecine et les médecins doivent savoir de la structure des *centres nerveux*. Aussi ne saurions-nous trop engager tous ceux qui lisent ces leçons, non pas de les parcourir les unes après les autres, telles que nous les avons publiées, mais de recourir de temps en temps à ces leçons finales; de les lire, par exemple, après avoir terminé l'étude de la grosse anatomie de l'axe cérébro-spinal; de les relire encore après chaque série de leçons consacrées à une partie quelconque de l'axe nerveux. De la sorte, ils retireront de cette lecture tout le profit désirable.

Ce livre se termine par une leçon très sommaire consacrée à l'étude du *système nerveux sympathique*.

Le livre que nous publions aujourd'hui est loin d'être parfait. Nous en avons la conviction profonde. Nous avons fait de notre mieux pour le rendre le moins imparfait possible.

Nous l'avons illustré d'un nombre considérable de figures, convaincu que, dans un domaine aussi complexe que celui de la structure interne du système nerveux, il vaut mieux reproduire dix figures de trop qu'une figure de trop peu. Ces figures correspondent d'ailleurs aux dessins que, pendant nos leçons, nous avons l'habitude de faire à la planche. Elles ont été dessinées, sous nos yeux et d'après nature, par M. FERD. GIELE, graveur et dessinateur à Louvain. Toutes les pièces anatomiques qui ont servi à la confection de ces dessins ont été préparées par nous dans ce but spécial. M. GIELE a apporté à l'exécution de ces figures un véritable talent et une scrupuleuse exactitude. Les dessins, faits à l'encre de Chine, ont été reproduits à la zincogravure par la maison MALVAUX de Bruxelles.

Avant de finir cette introduction, nous tenons encore à remercier notre ami, M. L. GEDOELST, qui a bien voulu se charger avec nous de la correction des épreuves.

A. VAN GEHUCHTEN.

Louvain, 1 Octobre 1893.

Préface de la deuxième édition.

La première édition de ces leçons, tirée à 1100 exemplaires, a été épuisée en moins de deux ans et demi. Ce fait prouve, à lui seul, que notre livre, au moment où nous l'avons publié, répondait à un besoin réel de la Science neurologique. La deuxième édition que nous publions maintenant est bien plus un livre nouveau que la réédition de nos anciennes leçons. Elle a été entièrement retravaillée depuis la première page jusqu'à la dernière et si le nombre des leçons n'a été majoré que de quatre, par contre, le nombre des pages est monté, à notre grand regret, de 585 à 917 et le nombre des figures de 525 à 619.

Il nous serait impossible d'énumérer toutes les modifications que, dans l'intérêt des études anatomiques, nous avons cru devoir apporter aux leçons telles qu'elles ont été publiées il y a trois ans. Nous nous contenterons de noter les plus importantes.

1° La nomenclature anatomique a été modifiée en ce sens que nous avons adopté pleinement la nomenclature nouvelle arrêtée par la commission instituée à cet effet, par la Société anatomique (Anatomische Gesellschaft).

2° Depuis la publication de notre première édition, nos connaissances concernant la structure interne des cellules nerveuses ont fait de grands progrès, grâce à l'introduction dans la technique microscopique de l'importante méthode de Nissl. Nous avons cru devoir insister longuement sur les résultats actuellement acquis à la science par les recherches de Nissl, Lugaro, Cajal, Marinesco, etc. et par nos propres observations et sur la valeur respective qu'il faut attribuer aux deux parties constitutives du protoplasme de cellules nerveuses : la partie chromatique et la partie achromatique.

3° La nouvelle division de l'écorce cérébrale en zone des centres de projection et zone des centres d'association, proposée par FLECHSIG à la suite de ses recherches embryologiques, nous a paru tellement importante, jette une lumière si vive sur la valeur relative que nous devons attribuer aux différentes régions de nos hémisphères cérébraux que, sans attendre que des recherches ultérieures soient venues confirmer les conclusions de FLECHSIG, nous avons cru de notre devoir d'y consacrer une leçon.

4° Enfin, pour permettre à nos étudiants de consulter les travaux originaux se rapportant aux diverses questions traitées dans cet ouvrage, nous avons fait suivre chacune des leçons d'une littérature indiquant les principaux travaux auxquels nous avons eu nous-même recours. Cette littérature est loin d'être complète. Elle présente, nous n'en doutons en aucune façon, de nombreuses et peut-être de graves lacunes. Nous avons cependant fait de notre mieux pour la rendre aussi complète et aussi exacte que possible.

Nous nourrissons l'espoir que cette deuxième édition recevra du public scientifique et médical le même accueil favorable que celui qu'il a bien voulu réserver à la première. En la publiant nous n'avons eu qu'un désir : contribuer pour autant que nos efforts nous le permettent à faire connaître la structure interne des centres nerveux, convaincu que cette connaissance de l'anatomie du système nerveux est indispensable à tout médecin qui veut s'occuper un jour et avec succès de pathologie nerveuse ou mentale.

Avant de finir, qu'il nous soit permis d'adresser tous nos remerciments à notre éditeur, M. UYSTPRUYST, pour les soins qu'il a bien voulu apporter à l'exécution typographique de ces leçons.

A. VAN GEHUCHTEN.

Louvain, 1 Octobre 1896.

Préface de la troisième édition.

Nos connaissances concernant la structure interne du système nerveux se modifient et se complètent de jour en jour. C'est là le motif pour lequel la deuxième édition de notre *Anatomie du système nerveux de l'homme*, publiée il y a trois ans et complètement épuisée, demande à être revisée de fond en comble.

Ce fait ne présente rien de bien extraordinaire surtout si l'on se rappelle l'énergie croissante avec laquelle on poursuit, dans presque tous les laboratoires, l'étude de l'organisation interne du névraxe. Dans ce court espace de trois années, que de faits nouveaux sont venus enrichir le patrimoine de la science neurologique ! On ne peut s'en rendre un compte exact qu'en retravaillant, comme nous venons de le faire, toute l'anatomie du système nerveux. Tous ces faits n'ont pu trouver place dans cette nouvelle édition ; nous avons dû nous contenter d'enregistrer les plus importants de crainte de dépasser outre mesure les limites que nous nous sommes tracées pour ces leçons.

Voici, prises au hasard, quelques-unes des principales modifications qui feront de cette troisième édition un livre nouveau, entièrement à la hauteur — croyons-nous — de la science neurologique moderne.

1°) Au niveau de l'extrémité antérieure de la circonvolution de l'hippocampe, nous signalons, d'après les recherches de RETZIUS, deux circonvolutions, non encore décrites, en connexion intime avec le rhinencéphale.

2°) La doctrine des neurones a été vivement combattue, dans ces derniers temps, par APATHY, HELD, BETHE et NISSL. Nous nous sommes fait un devoir d'exposer largement et complètement les idées de ces auteurs afin de bien faire ressortir que les faits *actuellement* acquis ne sont pas en opposition avec cette doctrine fondamentale.

3) CAJAL a contesté l'intervention du corps cellulaire du neurone dans la fonction de conduction de l'ébranlement nerveux. Il s'est appuyé sur ce point pour modifier la formule de la théorie de la polarisation dynamique des éléments nerveux. Nous avons montré, par des expériences nouvelles, que ces idées de CAJAL ne peuvent pas s'appliquer aux cellules des ganglions cérébro-spinaux.

4°) Le problème de l'amiboïsme des éléments nerveux n'a pas encore reçu de solution définitive malgré les nombreux travaux consacrés à son étude. Nous nous sommes efforcé de donner un aperçu complet de l'état actuel de la science sur cette question importante.

5° Les idées concernant la structure réticulée du protoplasme des cellules nerveuses ont subi des modifications profondes à la suite des travaux de APATHY, BETHE, GOLGI, VERATTI et NELIS, que nous nous sommes fait un devoir d'analyser complètement.

6°) Un chapitre entièrement nouveau a été consacré à l'étude des modifications cellulaires qui caractérisent les différents états fonctionnels, ainsi que des modifications consécutives aux lésions variées du prolongement cylindraxile, aux empoisonnements et aux intoxications.

7°) La question si importante de l'origine et du trajet des fibres descendantes du cordon latéral et surtout du cordon postérieur de la moelle épinière a fait l'objet de travaux importants; il en est de même de la question toute nouvelle des localisations sensitives et motrices médullaires.

8°) L'application de la méthode de NISSL à l'étude de l'origine réelle des nerfs craniens a entraîné des modifications profondes dans ce chapitre important de l'anatomie du système nerveux.

9° L'étude des connexions cérébelleuses, quoique très incomplète encore, a fait cependant dans ces trois dernières années, des progrès considérables.

Toutes ces questions nouvelles sont appuyées sur des recherches personnelles entreprises seul ou avec la collaboration de nos élèves C. Nélis, J. Van Biervliet et C. de Neeff ou avec le concours du Dr Soukhanow, assistant à l'Université de Moscou et du Dr Pavlow, privat-docent à l'Université de Charkow.

A. VAN GEHUCHTEN.

Louvain, 10 août 1899.

TABLE DES MATIERES
DU
PREMIER VOLUME

Système nerveux cérébro-spinal.

La grosse anatomie de l'axe cérébro-spinal.

Première leçon.

Deuxième leçon.

Toisième leçon.

Quatrième leçon.

Cinquième leçon.

Sixième leçon.

Septième leçon.

Huitième leçon.

La structure interne de l'axe cérébro-spinal.

I. Considérations générales sur les éléments nerveux.

Neuvième leçon.

Dixième leçon.

Onzième leçon.

Douzième leçon.

Treizième leçon.

Quartorzième leçon.

Quinzième leçon.

II. La moelle épinière.

Seizième leçon.

Dix-septième leçon.

Dix-huitième leçon.

Dix-neuvième leçon.

Vingtième leçon.

Vingt et unième leçon.

Vingt-deuxième leçon.

Vingt-troisième leçon.

Système Nerveux de l'Homme

PREMIÈRE LEÇON

Système nerveux cérébro-spinal et système nerveux sympathique.
Division de l'axe cérébro-spinal basée sur les connaissances embryologiques.

Le système nerveux de l'homme est double; il comprend le *système nerveux cérébro-spinal* et le *système nerveux sympathique*.

Le *système nerveux cérébro-spinal*, appelé encore *système nerveux de la vie animale*, se compose d'une partie centrale : l'*axe cérébro-spinal* et d'une partie périphérique : les *nerfs cérébro-spinaux*.

L'*axe cérébro-spinal* ou *système nerveux central (systema nervorum centrale)* occupe la cavité encéphalo-rachidienne, FIG. 1. Il se divise en une partie supérieure, volumineuse, l'*encéphale (encephalon)*, renfermée dans la boîte cranienne qu'elle remplit presque complètement, et une partie inférieure, la *moelle épinière (medulla spinalis)*, longue et cylindrique en continuation directe avec l'encéphale; elle occupe le canal vertébral depuis le trou occipital jusque dans la région lombaire.

Les *nerfs périphériques (système nerveux périphérique, systema nervorum periphericum)* proviennent de la partie centrale et se distribuent symétriquement aux deux moitiés du corps, mettant l'axe cérébro-spinal en relation directe avec tous les organes et avec tous les tissus de l'organisme, FIG. 2.

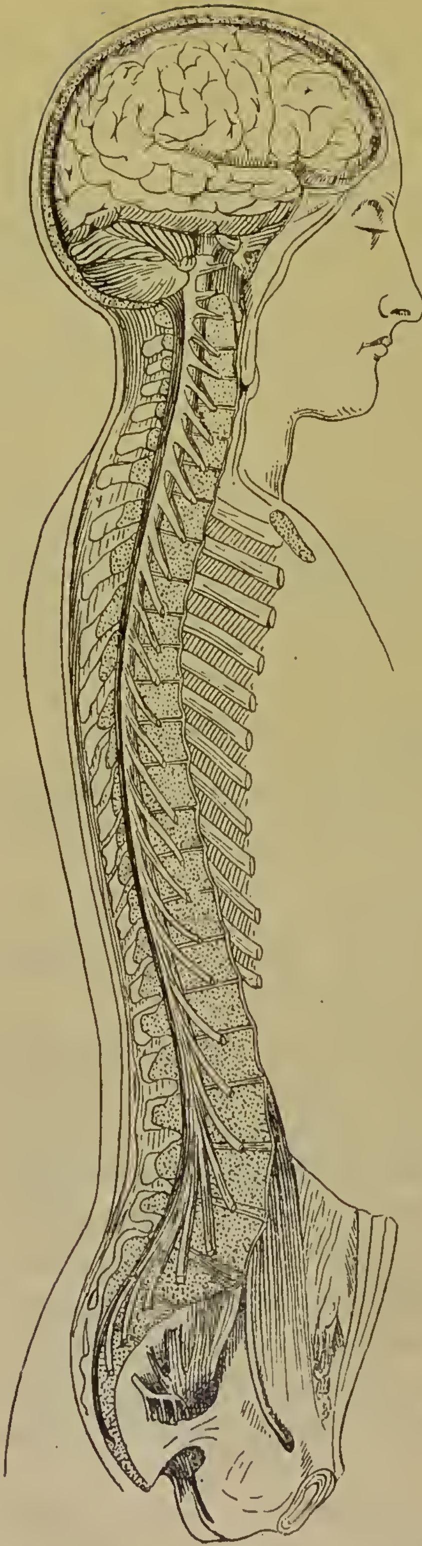


FIG. 1.
Vue générale du système nerveux
cérébro-spinal,
d'après BOURGERY (SCHWALBE).
Gr. nat. 1/5

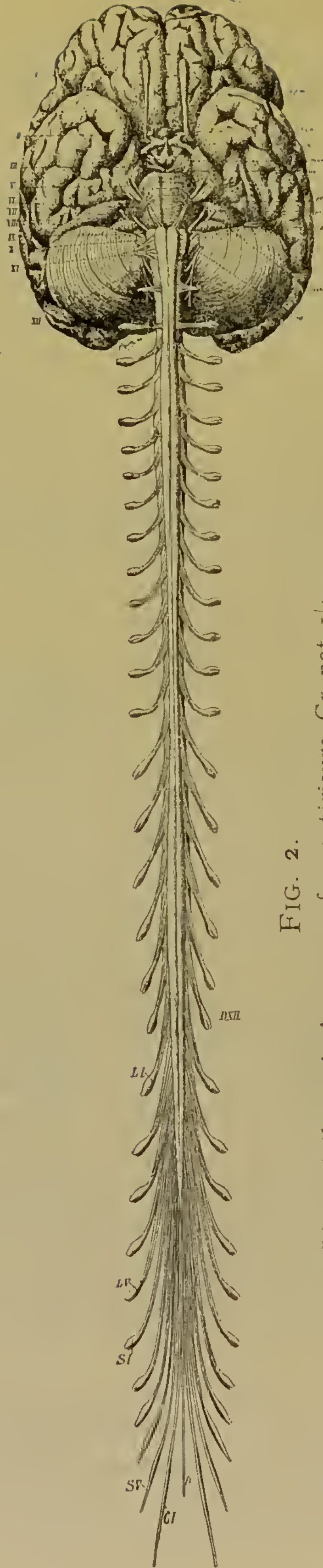


FIG. 2.

L'axe cérébro-spinal vu par sa face antérieure. Gr. nat. 1/4.

I à *XII* : Nerfs cérébraux dépendant de l'encéphale.
Les nerfs spinaux naissent symétriquement des deux côtés de la moelle.
CI à *DXII* : Nerfs cervicaux et nerfs dorsaux.

LI à *LV* : Nerfs lombaires.
SI à *SV* : Nerf sacrés.
CI : Nerf coccygien.
ft : Filet terminal.

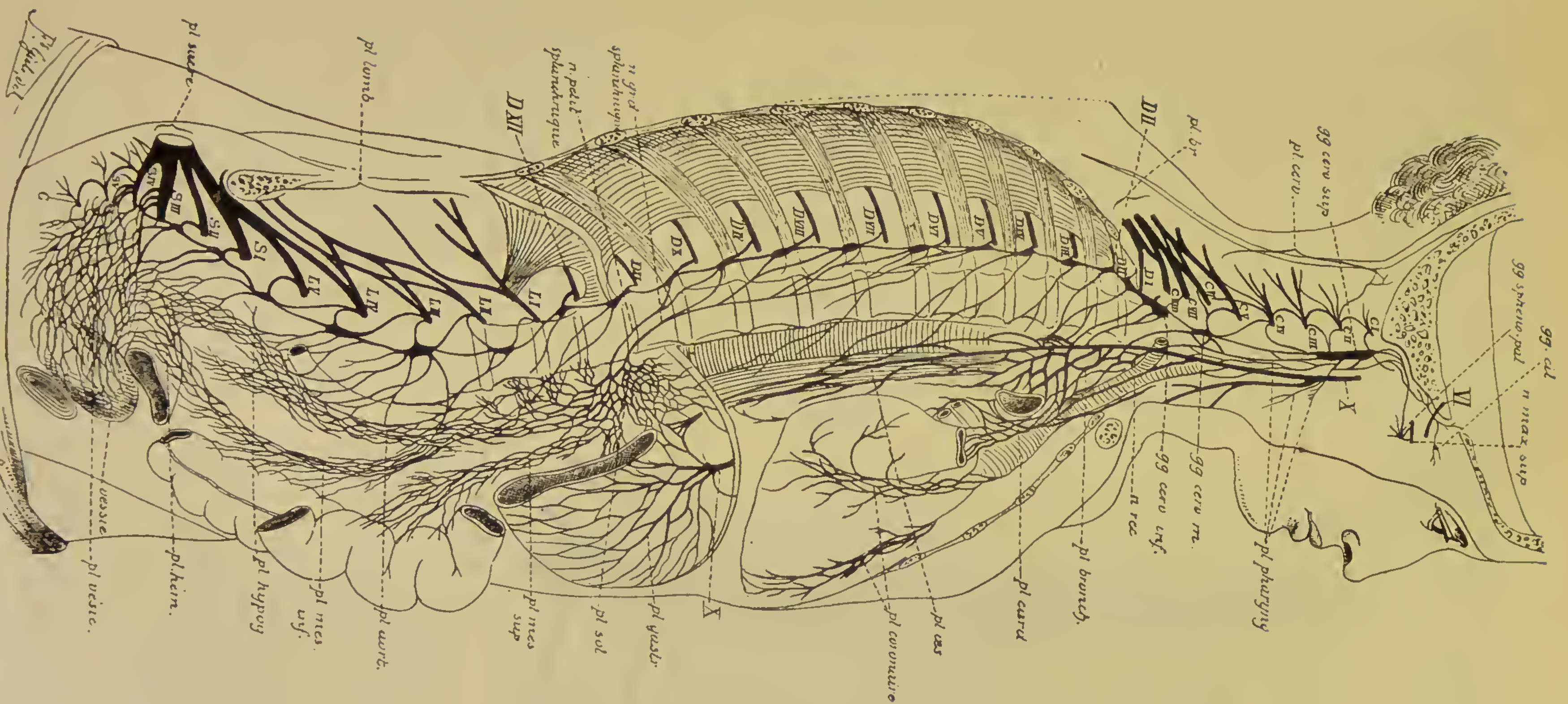


Fig. 3.

La chaine sympathique droite et ses connexions avec les plexus des cavités thoracique, abdominale et pelvienne.
(Figure schématique d'après SCHWALBE.)

Suivant que les nerfs périphériques naissent de l'encéphale ou de la moelle épinière, on les appelle *nerfs cérébraux* ou *nerfs spinaux*. Les nerfs cérébraux (*nervi cerebrales*) sortent de la boîte cranienne en passant par les orifices de la base du crâne; on les désigne aussi sous le nom de *nerfs craniens*. Les nerfs spinaux (*nervi spinales*) quittent la cavité rachidienne en passant par les trous de conjugaison qui existent, entre les vertèbres, sur les faces latérales du rachis. Ils portent aussi le nom de *nerfs rachidiens*.

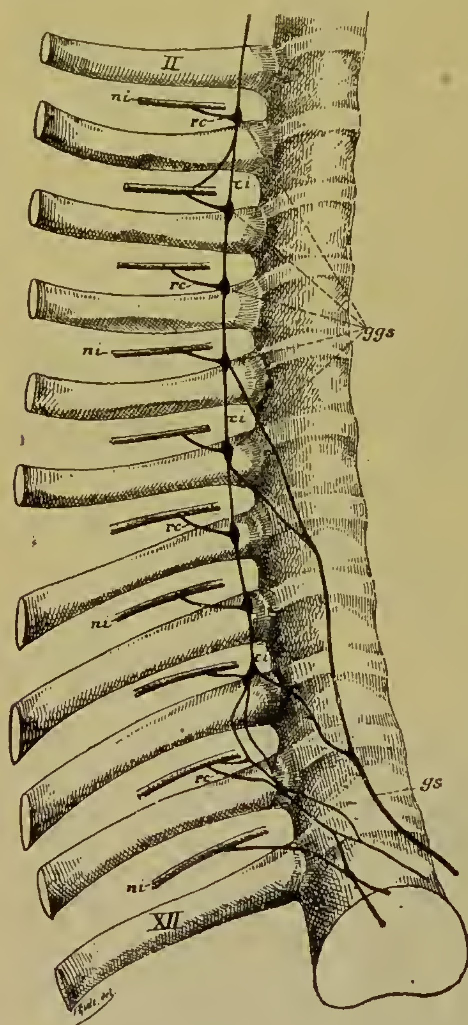


FIG. 4.
Portion thoracique de la chaîne ganglionnaire du sympathique.
Gr. nat. 1/2.

ggs : Ganglions thoraciques.
ci : Cordons intermédiaires.
ni : Nerfs intercostaux.
rc : Rameaux communicants.
gs : Nerf grand splanchnique.
II : Deuxième côte.
XII : Douzième côte.

Tous les nerfs spinaux et un grand nombre de nerfs cérébraux présentent sur leur trajet, dans le voisinage plus ou moins immédiat de l'axe cérébro-spinal, un renflement en forme de nœud. Ce renflement, formé essentiellement de cellules nerveuses, porte le nom de *ganglion*. Il existe donc des ganglions spinaux et des ganglions cérébraux.

L'axe cérébro-spinal et les nerfs périphériques cérébro-spinaux, avec les ganglions qui en dépendent, forment les deux parties constitutives du système nerveux cérébro-spinal.

Le *système nerveux sympathique*, appelé aussi *système nerveux de la vie végétative* ou *système nerveux splanchnique* (*systema nervorum sympathicum*), comprend, comme le système nerveux cérébro-spinal, une partie centrale et une partie périphérique, FIG. 3 et 4. La partie centrale est formée par une série de ganglions, *ggs*, situés de chaque côté de la colonne vertébrale depuis la base du crâne jusqu'à l'extrémité inférieure de la région sacrée. Ces ganglions sont reliés les uns aux

autres par des faisceaux de fibres nerveuses que l'on désigne sous le nom de *cordons intermédiaires, ci*. Il se forme ainsi, de chaque côté, une chaîne continue appelée *chaîne sympathique* ou *chaîne ganglionnaire* (*truncus nervi sympathici*). De cette chaîne sympathique ou ganglionnaire partent les nerfs périphériques qui vont se rendre soit dans les viscères (*nerfs viscéraux*), soit dans la paroi des vaisseaux (*nerfs vasculaires*).

Les organes innervés par le système nerveux sympathique sont, sous plusieurs rapports, indépendants du système nerveux cérébro-spinal. La destruction complète de tout l'axe cérébro-spinal, chez une grenouille par exemple, suspend sur le champ les fonctions des organes innervés par les nerfs cérébro-spinaux, mais n'entraîne nullement la suspension des fonctions pour les organes innervés par le sympathique. Les contractions rythmiques du cœur, les mouvements péristaltiques de l'intestin, les contractions et les dilatations des vaisseaux périphériques, etc., peuvent être modifiés, mais ne sont nullement suspendus par la destruction complète de l'axe cérébro-spinal. Cette indépendance des organes innervés par les fibres du sympathique vis-à-vis du système cérébro-spinal n'est cependant pas absolue. Aucun organe n'échappe complètement à l'influence du système nerveux cérébro-spinal. Pour les organes innervés par le sympathique, cette dépendance est rendue possible par les nombreuses anastomoses qui existent entre les deux systèmes. Chaque ganglion de la chaîne sympathique est, en effet, en relation avec un ou plusieurs nerfs spinaux par des faisceaux de fibres nerveuses portant le nom de *rameaux communicants*, *rc*, et qui partent des nerfs spinaux peu après leur sortie des trous intervertébraux.

Le système nerveux sympathique se trouve ainsi relié au système nerveux cérébro-spinal.

SYSTÈME NERVEUX CÉRÉBRO-SPINAL

Le système nerveux cérébro-spinal comprend l'axe cérébro-spinal et les nerfs périphériques cérébro-spinaux avec les ganglions qui en dépendent. Nous avons vu que l'axe cérébro-spinal lui-même est formé de deux parties : l'encéphale et la moelle épinière.

Pour la facilité de la description, l'encéphale a été divisé de tout temps en plusieurs parties plus ou moins distinctes appelées *cerveau, cervelet, protubérance annulaire* et *moelle allongée,* FIG. 5 et 6.

Le *cerveau* (*cerebrum*) forme la partie la plus volumineuse de l'encéphale occupant à lui seul presque toute la cavité cranienne. Il est divisé incomplètement en deux moitiés plus ou moins symétriques, appelées *hémisphères cérébraux,* par une scissure médiane ou *scissure interhémisphérique*. La surface de ces hémisphères est parcourue par un grand nombre de *sillons* plus ou moins profonds qui délimitent les *circonvolutions*.

Le *cervelet* (*cerebellum*) est placé sous la partie postérieure du cerveau. Beaucoup plus petit que ce dernier, il n'occupe dans la boîte cranienne que les fosses occipitales inférieures. Il se trouve divisé, surtout à sa face inférieure, par un sillon médian, en deux moitiés formant les *hémisphères cérébelleux* et est parcouru, sur toute sa surface, par un grand nombre de sillons très serrés et peu profonds qui lui donnent un aspect lamelleux.

La *protubérance annulaire* ou *pont de Varole* (*pons Varolii*) est située au devant du cervelet. Elle repose sur la partie supérieure de la gouttière basilaire de la base du crâne et se présente sous la forme d'une bande transversale large et épaisse, reliant l'un à l'autre les deux hémisphères du cervelet.

Une section horizontale passant au-dessus de la protubérance annulaire et du cervelet forme la limite inférieure de ce qu'on est convenu d'appeler *cerveau* (*cerebrum*).

La *moelle allongée* appelée encore *bulbe rachidien* ou *myélencéphale* (*medulla oblongata* ou *myelencephalon*) est placée en dessous de la protubérance annulaire. Elle a une forme de cône dont la base touche

la protubérance et dont le sommet se continue, sans ligne de démarcation, avec la moelle épinière. Elle repose sur la partie inférieure de la gouttière basilaire.

Toutes les parties comprises entre le cerveau, le cervelet et la moelle allongée sont encore désignées quelquefois sous le nom de *isthme de l'encéphale.*

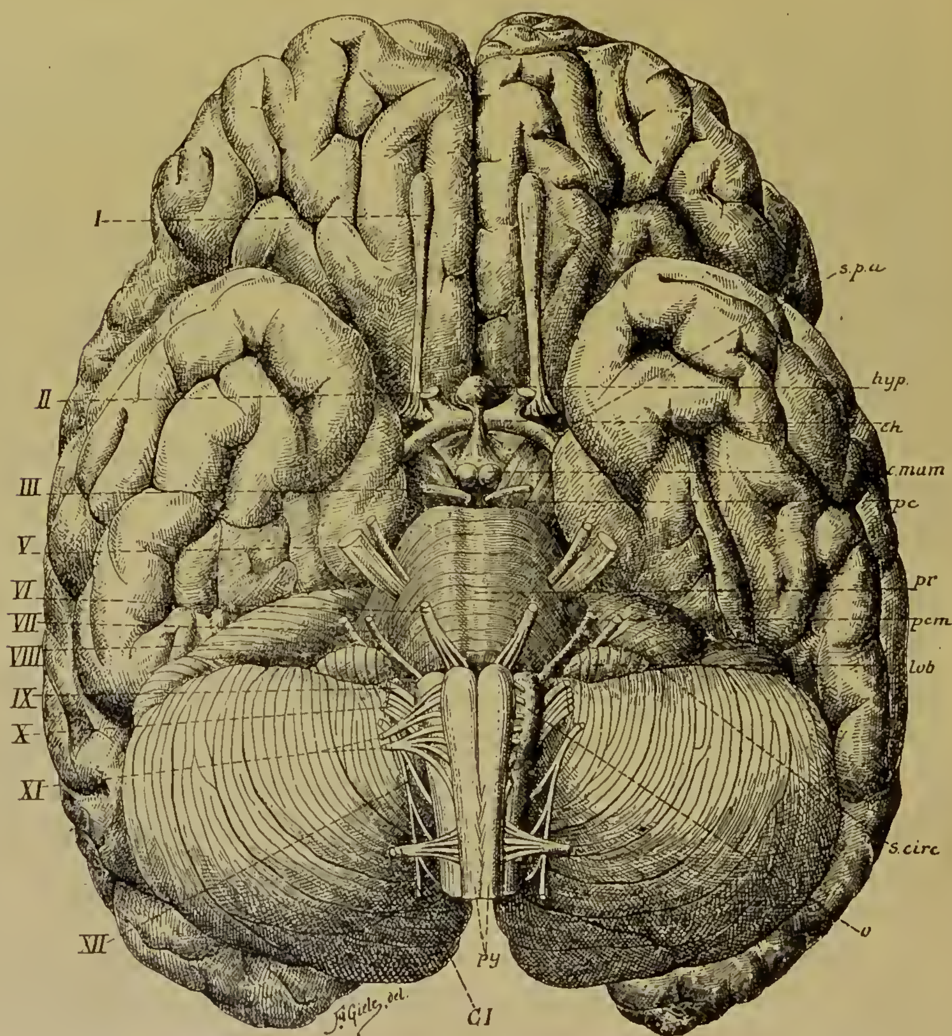


Fig. 5.

Face inférieure de l'encéphale. Gr. nat. 2/3.

spa : Substance perforée antérieure.
hyp. : Hypophyse.
ch. : Chiasma des nerfs optiques.
c. mam. : Corps mamillaires.
pc : Pédoncule cérébral.
pr. : Protubérance annulaire.
pcm : Pédoncule cérébelleux moyen.
lob. : Lobule du pneumo-gastrique.
s. circ. : Sillon circonférenciel.
o. : Olive.
py. : Pyramides.
I à *XII* : Origine apparente des douze paires de nerfs craniens.
CI : Racine antérieure du premier nerf cervical.

Cette division de l'encéphale n'est pas très rigoureuse. On admet généralement aujourd'hui, comme répondant mieux à nos connaissances actuelles, une division basée sur des considérations embryologiques.



FIG. 6.

Vue d'une section médiane de l'encéphale montrant les diverses parties qui le constituent : cerveau, cervelet, protubérance annulaire, *pr*, et moelle allongée, *m. all.* Gr. nat. 2/3.

cl. tr. : Cloison transparente.
circ. d. cc. : Circonvolution du corps calleux.
t. chor. : Toile choroïdienne.
s. pc. : Sillon paracentral.
s. cal. m. : Sillon calloso-marginal.
sc. pari. occ. : Scissure pariéto-occipitale.
sc. calc. : Scissure calcarine.
ép. : Épiphyse ou corps pinéal.
str. méd. : Strie médullaire.
t. quad. : Tubercules quadrijumeaux.
VI : Quatrième ventricule.
pc. : Pédoncule cérébral.
III : Nerf oculo-moteur commun.
hyp. : Hypophyse.
cm. : Corps mamillaires.
ch. : Chiasma des nerfs optiques.
lt. : Lame terminale.
com. gr. : Commissure grise.
com. a. : Commissure antérieure.
gen. : Genou du corps calleux.

Le système nerveux cérébro-spinal provient de l'ectoderme. De tous les systèmes de l'organisme, c'est celui dont l'apparition est le plus précoce. Il apparaît, dès les premiers jours du développement

embryologique, sous la forme d'une bandelette épaissie de l'ectoderme : la *plaque médullaire* ou le *sillon neural*. Ce sillon ne tarde pas à se transformer, d'abord en *gouttière médullaire* ou *gouttière neurale* par le relèvement de ses deux bords et, plus tard, en *canal médullaire* ou *canal neural* par la rencontre et la fusion intime des deux bords de la gouttière appelés aussi *bourrelets médullaires*. Le canal neural se trouve ainsi séparé de l'ectoderme dont il provient. Cette transformation de la gouttière neurale en canal neural ne se fait pas en une fois sur toute la longueur de l'embryon ; elle est progressive d'avant en arrière, ou, plutôt, elle s'effectue d'abord au niveau de la partie de l'axe neural qui se transformera plus tard en *cerveau moyen* et en *cerveau postérieur*. De cette région moyenne, elle se propage vers l'extrémité céphalique et vers l'extrémité caudale de l'embryon de telle sorte, cependant, que la gouttière neurale est déjà entièrement fermée au niveau de sa portion encéphalique, alors qu'elle est encore largement ouverte sur toute la longueur de sa portion médullaire.

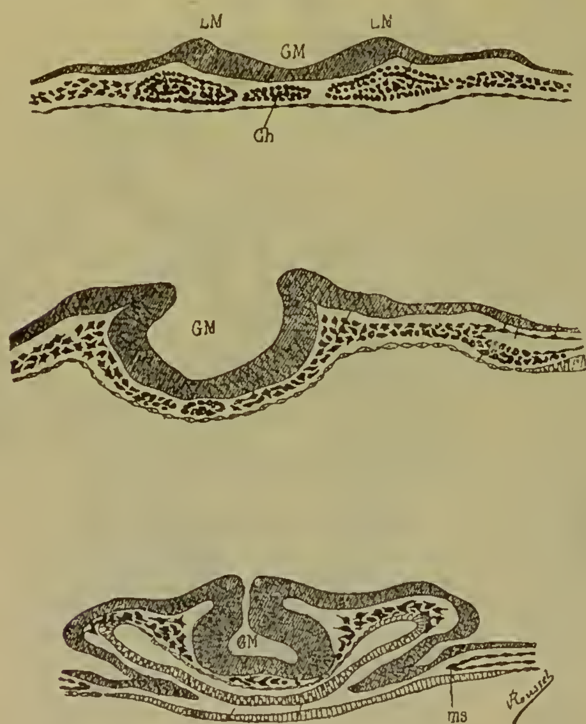


FIG. 7.

Trois coupes transversales d'un embryon de poulet de 23 heures (d'après MATHIAS DUVAL).

GM : Gouttière médullaire.
LM : Lames ou bourrelets médullaires.
Ch : Chorde dorsale.
Ms : Mésoderme.

Il résulte de cette transformation progressive de la gouttière neurale en canal neural qu'en parcourant, d'arrière en avant, une série complète de coupes transversales d'un embryon de poulet de la 20ᵉ à la 25ᵉ heure d'incubation, on verra tous les stades par lesquels passera, à n'importe quel point de l'axe nerveux, le sillon neural lors de sa transformation en canal neural, FIG. 7.

Ce canal neural primitif subit, dans la suite, des modifications

considérables d'où vont sortir toutes les parties de l'axe cérébro-spinal de l'adulte. Ces modifications intéressent surtout les parois du canal primitif.

A l'époque où le canal neural est encore ouvert dans sa partie postérieure ou médullaire, on voit se former, au niveau de son extrémité antérieure ou céphalique, trois dilatations appelées *vésicules cérébrales primitives*. On les désigne sous les noms de *vésicule cérébrale antérieure*, *vésicule cérébrale moyenne* et *vésicule cérébrale postérieure*. Ces vésicules communiquent largement entre elles et communiquent en arrière avec la partie non fermée de la gouttière neurale. La cavité de ces vésicules n'est d'ailleurs que la partie antérieure élargie du canal central primitif, FIG. 8.



FIG. 8.

Embryon de poulet de 29 heures montrant les trois vésicules cérébrales primitives (d'après MATHIAS DUVAL).

V_0 : Vésicule cérébrale antérieure.
V_2 : Vésicule cérébrale moyenne.
V_3 : Vésicule cérébrale postérieure.

Le système nerveux central se trouve à cette époque divisé en deux parties : les vésicules cérébrales qui vont donner naissance à toutes les parties de l'encéphale et la partie non fermée du canal neural d'où va sortir la moelle épinière. Les cavités des vésicules cérébrales deviendront les ventricules de l'encéphale; ceux-ci communiqueront donc entre eux et communiqueront aussi avec le canal central de la moelle épinière.

Dans le cours du développement, la vésicule cérébrale antérieure et la vésicule cérébrale postérieure se différencient encore et se divisent chacune en deux vésicules, ce qui porte leur nombre à cinq, FIG. 9. Ces cinq *vésicules cérébrales secondaires* donneront alors naissance, en se transformant, à ce qu'on a appelé jusqu'ici, chez l'adulte, en allant d'avant en arrière : *cerveau antérieur*, *cerveau intermédiaire*, *cerveau moyen*, *cerveau postérieur* et *arrière-cerveau*.

La vésicule cérébrale primitive moyenne se transforme directement en *cerveau moyen*.

La vésicule cérébrale primitive antérieure produit, par évagination de la partie inférieure de ses parois latérales, les *vésicules optiques primaires* se séparant insensiblement de la vésicule cérébrale jusqu'à ce qu'elles ne lui restent plus unies que par un pédicule creux. De plus, la partie de la vésicule, comprise en avant entre les deux pédicules optiques et connue sous le nom de *lame terminale embryonnaire primitive*, se développe en une vésicule secondaire plus ou moins séparée de la vésicule primitive par des échancrures latérales. Cette vésicule secondaire va devenir le *cerveau antérieur*, tandis que la partie postérieure de la vésicule primitive d'où dépendent les vésicules optiques devient le *cerveau intermédiaire*.

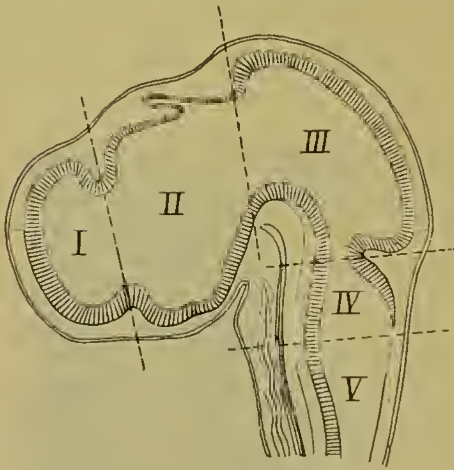


FIG. 9.

Coupe médiane à travers la tête d'un embryon de poulet de 4 $^1/_2$ jours (d'après MIHALKOVICS).

Grossie 14 fois.

I : Cerveau antérieur dont la cavité va devenir celle des deux ventricules latéraux.
II : Cerveau intermédiaire avec le troisième ventricule et l'épiphyse.
III : Cerveau moyen avec l'aqueduc de Sylvius.
IV : Cerveau postérieur : la partie ventrale va devenir la protubérance annulaire, la partie dorsale se transformera en cervelet.
V : Arrière-cerveau dont la partie ventrale se transformera en moelle allongée, tandis que la partie dorsale, considérablement amincie et réduite à l'épithélium épendymaire, formera le revêtement épithélial de la toile choroïdienne. La cavité commune au cerveau postérieur et à l'arrière-cerveau devient le quatrième ventricule.

Le cerveau antérieur augmente considérablement de volume au point que sa masse l'emporte bientôt sur toutes les autres parties de l'encéphale. Ce développement exagéré intéresse surtout les parties latérales. Aussi celles-ci débordent-elles bientôt en avant, en haut et en arrière la partie médiane du cerveau antérieur dont l'accroissement est moins rapide. Par suite de ce développement inégal, le cerveau antérieur présente, sur la ligne médiane, une dépression profonde qui va devenir la scissure interhémisphérique séparant l'une de l'autre deux vésicules saillantes : les *vésicules hémisphériques*, qui vont se transformer plus tard en hémisphères cérébraux.

La vésicule cérébrale primitive postérieure présente, en même

temps que se forment en avant les vésicules optiques, un étranglement de ses parois latérales qui la divise en deux : le *cerveau postérieur* et l'*arrière-cerveau*.

Ces cinq vésicules se sépareront encore plus nettement dans le cours du développement par des changements qui surviendront dans leur situation réciproque, changements dont on vous parlera plus longuement dans le cours d'embryologie.

Les modifications dont nous venons de parler intéressent surtout les parois des vésicules cérébrales. La cavité du canal neural primitif se modifie en même temps pour former les ventricules. La partie du canal primitif qui correspond au cerveau moyen se rétrécit considérablement pour devenir l'*aqueduc de Sylvius* ou *aqueduc cérébral* (*aquaeductus cerebri*), FIG. 10. Cet aqueduc communique en arrière avec une partie élargie du canal qui correspond au cerveau postérieur et à l'arrière-cerveau et qu'on appelle le *quatrième ventricule* (*ventriculus quartus*), dans lequel s'ouvre aussi le canal central de la moelle épinière. L'aqueduc de SYLVIUS se continue en avant avec le *troisième ventricule* (*ventriculus tertius*) qui appartient au cerveau intermédiaire, et, par là, il communique, de chaque côté, avec la partie élargie du canal primitif appartenant à chaque hémisphère cérébral : le *ventricule latéral* (*ventriculus lateralis*). Les ventricules latéraux communiquent avec le troisième ventricule par une partie rétrécie que l'on appelle le *trou de Monro* ou *trou interventriculaire* (*foramen interventriculare*).

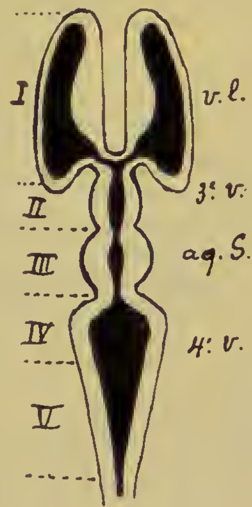


FIG. 10.

Disposition des cavités ventriculaires dans l'encéphale des vertébrés.

I : Cerveau antérieur.
II : Cerveau intermédiaire.
III : Cerveau moyen.
IV : Cerveau postérieur.
V : Arrière-cerveau.
v. lat. : Ventricule latéral.
3e v. : Troisième ventricule.
aq. S. : Aqueduc de SYLVIUS.
4e v. : Quatrième ventricule.

Pour montrer plus clairement comment les différentes parties de l'axe cérébro-spinal de l'homme proviennent de la différenciation des cinq vésicules cérébrales embryonnaires, représentées dans la FIG. 9, nous avons reproduit dans la FIG. 11 le schéma d'une coupe médiane

antéro-postérieure de l'axe cérébro-spinal d'un vertébré, dans la FIG. 12 une coupe sagitale médiane de l'encéphale d'une jeune truite et dans la FIG. 13 le schéma d'une coupe analogue faite dans l'encéphale d'un mammifère. Les deux figures 11 et 13 ont été empruntées à

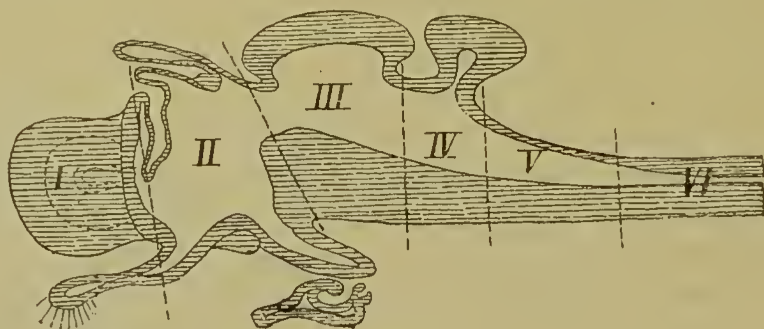


FIG. 11.

Coupe schématique de l'encéphale d'un vertébré (d'après EDINGER).

I : Cerveau antérieur.
II : Cerveau intermédiaire avec le nerf optique et l'hypophyse en bas, la toile choroïdienne, la commissure postérieure et l'épiphyse en haut.
III : Cerveau moyen.
IV : Cerveau postérieur.
V : Arrière-cerveau.
VI : Partie cervicale de la moelle épinière.

l'excellent livre du D[r] EDINGER. Nous n'y avons fait qu'une petite modification sans importance aucune : nous avons indiqué, par des lignes pointillées, les limites des différentes vésicules cérébrales. En comparant ces figures à la coupe médiane de l'encéphale de l'homme,

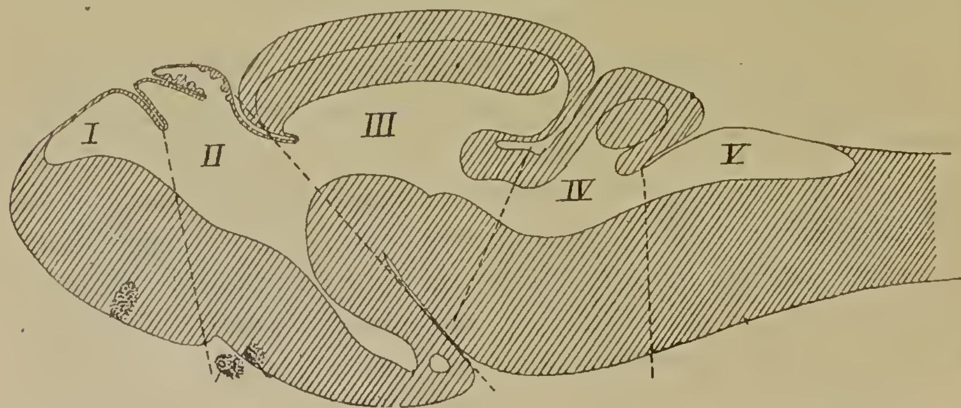


FIG. 12.

Coupe sagitale médiane de l'encéphale d'une truite de dix jours.

I : Cerveau antérieur.
II : Cerveau intermédiaire.
III : Cerveau moyen.
IV : Cerveau postérieur.
V : Arrière-cerveau.

FIG. 14, on saisira facilement quelles parties du système nerveux central de l'adulte proviennent de chacune des cinq vésicules cérébrales embryonnaires.

Cette division de l'encéphale en cinq vésicules cérébrales secondaires a subi une modification importante de la part de HIS, modification qui a été admise par la commission que la Société anatomique a nommée dans le but de reviser d'une manière définitive toute la nomenclature anatomique.



FIG. 13.

Coupe schématique de l'encéphale d'un mammifère (d'après EDINGER).

I : Cerveau antérieur.
II : Cerveau intermédiaire.
III : Cerveau moyen.
IV : Cerveau postérieur.
V : Arrière-cerveau.
VI : Partie cervicale de la moelle épinière.

Nous avons vu que, dans les premiers temps du développement embryologique, l'encéphale se trouve formé de trois parties dilatées : les *vésicules cérébrales primitives*. De ces trois vésicules, la première et la dernière se transforment encore de telle façon que, à un moment donné du développement, l'encéphale comprend cinq parties dilatées : les *vésicules cérébrales secondaires*. S'appuyant sur ce fait que les dénominations de *vésicules cérébrales primitives* et de *vésicules cérébrales secondaires* prêtent à confusion, les membres de la commission de nomenclature ont jugé opportun de faire disparaître ces anciennes dénominations.

La vésicule cérébrale primitive antérieure s'appellera dorénavant *cerveau antérieur* ou *prosencéphale (prosencephalon)*.

La vésicule cérébrale primitive moyenne devient *cerveau moyen* ou *mésencéphale (mesencephalon)*.

La vésicule cérébrale primitive postérieure portera le nom de *cerveau rhomboïdal* ou *rhombencéphale (rhombencephalon).*

Le *cerveau rhomboïdal* ou *rhombencéphale* comprend toutes les parties de l'encéphale qui entourent le quatrième ventricule, c'est-à-dire:

FIG. 14.

Vue d'une section médiane de l'encéphale montrant les diverses parties qui le constituent : cerveau, cervelet, protubérance annulaire, *pr*, et moelle allongée, *m. all.*

Gr. nat. 2/3.

cl. tr. : Cloison transparente.
circ. d. cc. : Circonvolution du corps calleux.
t. chor. : Toile choroïdienne.
s. pc. : Sillon paracentral.
s. cal. m. : Sillon calloso-marginal.
sc. pari. occ. : Scissure pariéto-occipitale.
sc. calc. : Scissure calcarine.
ép. : Épiphyse ou corps pinéal.
str. méd. : Strie médullaire.
t. quad. : Tubercules quadrijumeaux.
VI : Quatrième ventricule.
pc. : Pédoncule cérébral.
III : Nerf oculo-moteur commun.
hyp. : Hypophyse.
cm. : Corps mamillaires.
ch. : Chiasma des nerfs optiques.
lt. : Lame terminale.
com. gr. : Commissure grise.
com. a. : Commissure antérieure.
gen. : Genou du corps calleux.

la moelle allongée, le cervelet, la protubérance annulaire et les pédoncules cérébelleux. Nous avons vu que ce cerveau rhomboïdal (c'est-à-dire la vésicule cérébrale primitive postérieure) se divise ultérieurement

en deux vésicules secondaires : le *cerveau postérieur* et l'*arrière-cerveau*. Admettant la manière de voir de HIS, la commission de nomenclature a divisé le cerveau rhomboïdal en trois parties distinctes :

1° La moelle allongée ou l'arrière-cerveau devenant le *myélencéphale (myelencephalon)*.

2° La protubérance annulaire avec le cervelet formant le cerveau postérieur ou *métencéphale (metencephalon)*.

3° La région des pédoncules cérébelleux supérieurs formée par la valvule de VIEUSSENS, les pédoncules cérébelleux supérieurs, les noyaux d'origine des deux nerfs pathétiques et le ganglion interpédonculaire ; c'est l'*isthme du rhombencéphale (isthmus rhombencephali)*.

Chez l'embryon, cet isthme du rhombencéphale est nettement distinct ; mais, par suite des inflexions que subit l'axe nerveux et par suite du développement considérable des parties voisines : tubercules quadrijumeaux et cervelet en arrière, pédoncules cérébraux et pont de Varole en avant, l'isthme du rhombencéphale a des limites moins précises chez l'adulte. Il comprend en un mot, chez l'adulte, toutes les parties qui entourent l'*extrémité supérieure* du quatrième ventricule.

Le *mésencéphale* ou *cerveau moyen*, c'est-à-dire la vésicule cérébrale primitive moyenne, conserve la même dénomination chez l'adulte.

Le *prosencéphale* ou *cerveau antérieur*, c'est-à-dire la vésicule cérébrale primitive antérieure, se transforme, avons-nous vu, en deux vésicules secondaires ; celle voisine du cerveau moyen devient le *cerveau intermédiaire* ou *diencéphale (diencephalon)* et celle qui forme l'extrémité supérieure de l'axe neural s'appelle le *cerveau terminal* ou *télencéphale (telencephalon)*.

Cette division de l'encéphale se trouve nettement résumée dans le tableau suivant :

	STADE DES TROIS VÉSICULES CÉRÉBRALES PRIMITIVES	STADE DES CINQ VÉSICULES CÉRÉBRALES SECONDAIRES
ENCÉPHALE	**Rhombencéphale** (cerveau rhomboïdal)	I. **Myelencéphale** (arrière-cerveau)
		II. **Métencéphale** (cerveau postérieur)
		III. **Isthme du rhombencéphale**
	Mésencéphale (cerveau moyen)	IV. **Mésencéphale** (cerveau moyen)
	Prosencéphale (cerveau antérieur)	V. **Diencéphale** (cerveau intermédiaire)
		VI. **Télencéphale** (cerveau terminal).

L'encéphale se trouve donc formé de six parties distinctes, lesquelles, à un moment donné du développement embryologique, se



FIG. 15.

Coupe médiane de l'encéphale d'un embryon humain âgé d'environ un mois (d'après W. HIS).

I. **Myélencéphale :**

I_1. Partie ventrale. — I_2. Partie dorsale.

II. **Métencéphale :**

II_1. Pont de Varole. — II_2. Cervelet.

III. **Isthme du rhombencéphale :**

III_1. Pédoncules cérébraux. — III_2. Pédoncules cérébelleux supérieurs et valvule de Vieussens.

IV. **Mésencéphale :**

IV_1. Pédoncules cérébraux. — IV_2. Tubercules quadrijumeaux.

V. **Diencéphale :**

V_1. Partie mamillaire de l'hypothalamus — V_2. Thalamus. — V_3. Métathalamus. — V_4. Epithalamus.

VI. **Télencéphale :**

VI_1. Partie optique de l'hypothalamus. — VI_2. Corps strié. — VI_3. Rhinencéphale. — VI_4. Pallium.

présentent sous la forme de six anneaux nerveux placés au-dessus l'un de l'autre, FIG. 15.

Chacun de ces anneaux peut être divisé par un plan frontal en une moitié antérieure et une moitié postérieure. La limite entre ces deux moitiés est indiquée de bonne heure par deux sillons longitudinaux existant sur les parois des cavités ventriculaires : les *sillons limitants des ventricules* (*sulci limitantes ventriculorum*) que nous retrouverons plus tard sur l'encéphale de l'adulte. Cette limite peut aussi s'établir par une ligne fictive représentant l'*axe central* de l'encéphale

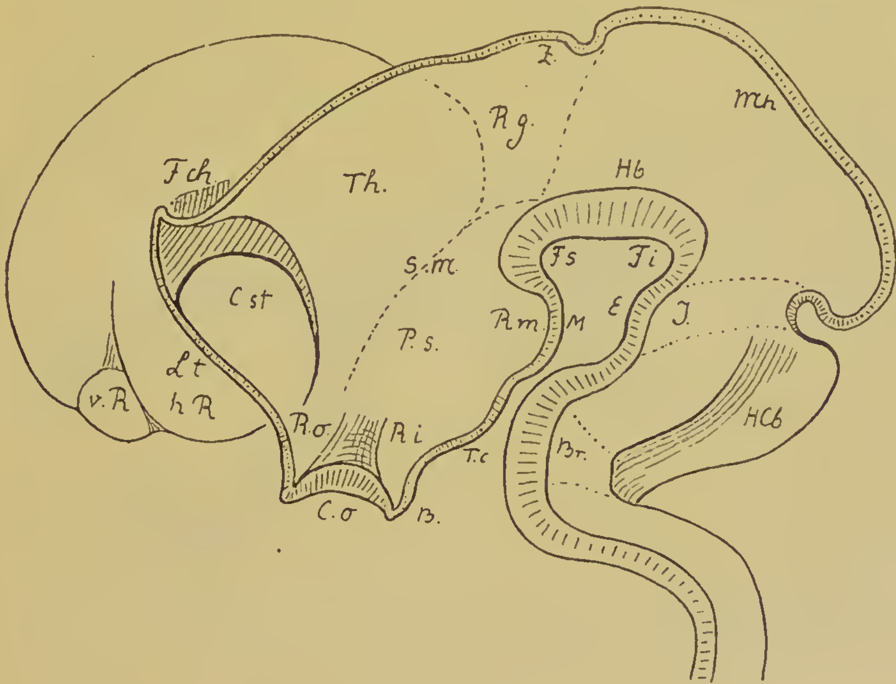


FIG. 16.

Coupe médiane de l'encéphale d'un embryon humain âgé de cinq semaines (d'après W. HIS).

II. *Br* : Courbure du pont.
Hcb : Hémisphères cérébelleux.
III. *J* : Isthme du rhombencéphale.
E : Eminence interpédonculaire.
IV. *Mh* : Cerveau moyen.
Hb : Bourrelet de la calotte.
Fi : Fosse interpédonculaire.
V. *Sm* : Sillon de MONRO ou hypothalamique.
Ps : Partie sous-thalamique ou Hypothalamus.
Th : Thalamus.
Rg : Région des corps genouillés ou métathalamus.
Z : Corps pinéal ou épithalamus.
Rm : Récessus mamillaire.
Ri : Récessus de l'infundibulum.
Tc : Tubercule cendré.
M : Corps mamillaires.
Fs : Fosse supramamillaire.
VI. *Ro* : Récessus optique.
Co : Chiasma optique.
Lt : Lame terminale.
Cst : Corps strié.
vRet hR : Rhinencéphale.
Fch : Fissure choroïdienne.

et qui, d'après les recherches de HIS, se termine près de l'extrémité inférieure de la lame terminale, au niveau du récessus optique.

Pour KUPFFER, l'extrémité antérieure de cet axe central correspond à l'angle supérieur de la lame terminale appelé *angle terminal* par HIS.

Les sillons limitants des ventricules séparent en quelque sorte la partie motrice de l'axe nerveux de la partie sensitive ; tous les noyaux



FIG. 17.

Coupe médiane de l'encéphale de l'homme adulte (d'après W. HIS).

I : Myélencéphale.
II_1 : Pont de Varole.
II_2 : Cervelet.
III_1 : Pédoncules cérébraux.
III_2 : Valvule de Vieussens.
IV_1 : Pédoncules cérébraux.
IV_2 : Tubercules quadrijumeaux.
V_1 : Partie mamillaire de l'hypothalamus.
V_2 : Thalamus.
VI_1 : Partie optique de l'hypothalamus.
VI_3 : Rhinencéphale.
VI_4 : Pallium.

moteurs, dans chaque moitié de l'axe nerveux, se trouvent, en effet, en avant ou en dedans du sillon limitant; tandis que toutes les masses grises en rapport avec les nerfs sensitifs périphériques se trouvent en arrière ou en dehors de ce sillon.

Ces six anneaux nerveux se transformeront alors, dans le cours du développement, pour donner naissance aux diverses parties constitutives de l'axe cérébro-spinal de l'adulte. FIG. 15, 16 et 17.

Le *myélencéphale*, I, se transforme en *moelle allongée*. Nous verrons plus tard que la partie du sillon limitant qui sépare la partie dorsale de la partie ventrale se trouve sur la face postérieure du myélencéphale, à la limite de l'aile blanche interne et de l'aile grise.

Le *métencéphale*, II, donne, dans sa partie dorsale, le *cervelet*, II_2 et, dans sa partie ventrale, la *protubérance annulaire* ou *pont de Varole*, II_1, reliée au cervelet par les pédoncules cérébelleux moyens.

L'*isthme du rhombencéphale*, III, donne naissance, en arrière, à la valvule de VIEUSSENS et aux pédoncules cérébelleux supérieurs, III_2 ; en avant, à la partie des pédoncules cérébraux qui correspond aux noyaux d'origine des deux nerfs pathétiques et au ganglion interpédonculaire, III_1.

Ces trois segments: le myélencéphale, le métencéphale et l'isthme du rhombencéphale, forment ensemble la partie de l'encéphale connue sous le nom de *rhombencéphale*. Le canal neural primitif qui correspond à ce rhombencéphale devient le *quatrième ventricule*.

Le *mésencéphale*, IV, produit les tubercules quadrijumeaux, IV_2, et la plus grande partie des pédoncules cérébraux, IV_1. Il est traversé par l'*aqueduc de Sylvius*.

Sur la face interne du *diencéphale*, *V*, et de la partie voisine du *télencéphale*, *VI*, jusqu'au niveau du récessus optique existe un sillon nettement visible connu sous le nom de *sillon de Monro* ou *sillon hypothalamique* (*sulcus hypothalamicus*). Ce sillon n'est que la partie supérieure du sillon limitant des ventricules. Il divise le *diencéphale* en une partie ventrale : l'*hypothalamus* ou *région sous-thalamique* et une partie dorsale : le *thalamencéphale*. Ce thalamencéphale lui-même comprend trois parties :

a) le *thalamus* ou couche optique proprement dite, V_2 ;

b) l'*épithalamus* comprenant le corps pinéal et la région de l'habénula, V_4 ;

c) le *méthatalamus*, nom sous lequel on désigne les deux corps genouillés, V_3.

La partie du canal neural primitif qui correspond au diencéphale devient le *troisième ventricule*.

Le *télencéphale*, *VI*, présente également une partie ventrale et une partie dorsale. La partie dorsale comprend le *pallium*, VI_4, le *corps strié* (*corpus striatum*), VI_2, et le bulbe olfactif avec ses dépendances formant ensemble le *rhinencéphale* (*rhinencephalon*), VI_3.

La partie ventrale du télencéphale appartient à la région hypothalamique.

La cavité du télencéphale forme les *ventricules latéraux*.

L'*hypothalamus* comprend les corps mamillaires, l'éminence sacculaire de RETZIUS, le tubercule cendré avec l'infundibulum et la partie postérieure de l'hypophyse, le chiasma des nerfs optiques, le récessus optique et la lame terminale. Il appartient à la fois au diencéphale et au télencéphale. La limite entre ces deux parties n'est pas nettement établie. On considère généralement les corps mamillaircs et l'infundibulum comme appartenant au diencéphale : c'est la *partie mamillaire* de l'*hypothalamus* (*pars mamillaris hypothalami*); tandis que l'hypophyse, le chiasma optique avec le récessus optique et la lame terminale en forment la *partie optique* (*pars optica hypothalami*).

Dans cette division de l'encéphale, que nous avons empruntée à HIS, il semble exister une certaine contradiction, en ce sens que HIS considère la lame terminale comme appartenant à l'hypothalamus alors que le sillon de MONRO, qui forme la limite supérieure de l'hypothalamus, se terminerait au niveau du récessus optique c'est-à-dire en dessous de la lame terminale.

Les trois parties proximales de l'encéphale, c'est-à-dire le mésencéphale, le diencéphale et le télencéphale, forment ensemble ce que dans le langage courant on désigne sous le nom de *cerveau* ou *cerebrum*.

Pour la description macroscopique et microscopique de l'axe cérébro-spinal, nous admettrons donc cette division naturelle que nous montre le développement embryologique et, conformément aux décisions de la commission de nomenclature, nous décrirons successivement :

La moelle épinière ou moelle spinale (*medulla spinalis*),
Le myélencéphale ou moelle allongée (*medulla oblongata* ou *myelencephalon*),
Le métencéphale ou cerveau postérieur (*metencephalon*),
L' isthme du rhombencéphale (*isthmus rhombencephali*),
Le mésencéphale ou cerveau moyen (*mesencephalon*),
Le diencéphale ou cerveau intermédiaire (*diencephalon*) et
Le télencéphale ou cerveau terminal (*telencephalon*).

Littérature.

L. EDINGER : *Vorlesungen über den Bau der nervösen Centralorgane des Menschen und der Thiere*, Vierte Auflage, Leipzig, 1893. — W. HIS : *Zur allgemeinen Morphologie des Gehirns,* Archiv für Anatomie und Physiologie. Anatomische Abtheilung, 1892, pp. 346-385. — W. HIS : *Uber das frontale Ende des Gehirnrohres ;* Ibid., 1893, pp. 157-171. — W. HIS : *Vorschläge zur Eintheilung des Gehirns;* Ibid., 1893, pp. 172-179. — W. HIS : *Die anatomische Nomenclatur;* Ibid., 1895, Supplement-Band.

DEUXIÈME LEÇON

La moelle épinière. Le myélencéphale. Le métencéphale et l'isthme du rhombencéphale.

Moelle épinière ou moelle spinale.

La moelle épinière est la partie de l'axe cérébro-spinal qui est située dans la cavité rachidienne. Elle se présente sous la forme d'une tige cylindrique de 40 à 45 centimètres de longueur. Au niveau du bord supérieur de l'atlas elle se continue directement avec la moelle allongée; elle descend, chez l'homme adulte, jusque dans la région lombaire où elle se rétrécit brusquement pour se continuer avec le *filet terminal*. La limite inférieure de la moelle n'est pas la même chez tous les individus. Elle oscille entre la partie moyenne du corps de la première et le bord inférieur du corps de la deuxième vertèbre lombaire. La moelle épinière n'occupe donc

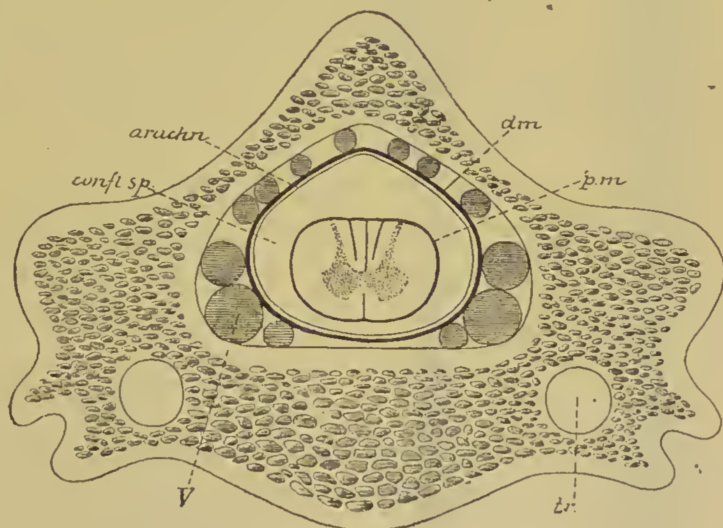


Fig. 18.

Coupe transversale de la colonne vertébrale au niveau des vertèbres cervicales inférieures.

tr. : Canal transversaire.
pm : Pie-mère.
confl. sp. : Confluent spinal ou confluent cérébello-médullaire.
arach. : Arachnoïde.
dm : Dure-mère.
V : Veines occupant l'espace libre entre la dure-mère et la paroi du canal rachidien.

pas, chez l'adulte, toute la *longueur* du canal vertébral. Il n'en a pas toujours été ainsi. Jusqu'au quatrième mois de la vie embryonnaire, elle s'étend depuis la première vertèbre cervicale jusqu'à la dernière vertèbre sacrée. Mais à partir de cette époque l'accroissement en longueur de la moelle épinière reste en retard sur l'accroissement de la colonne vertébrale. Par son extrémité supérieure la moelle spinale

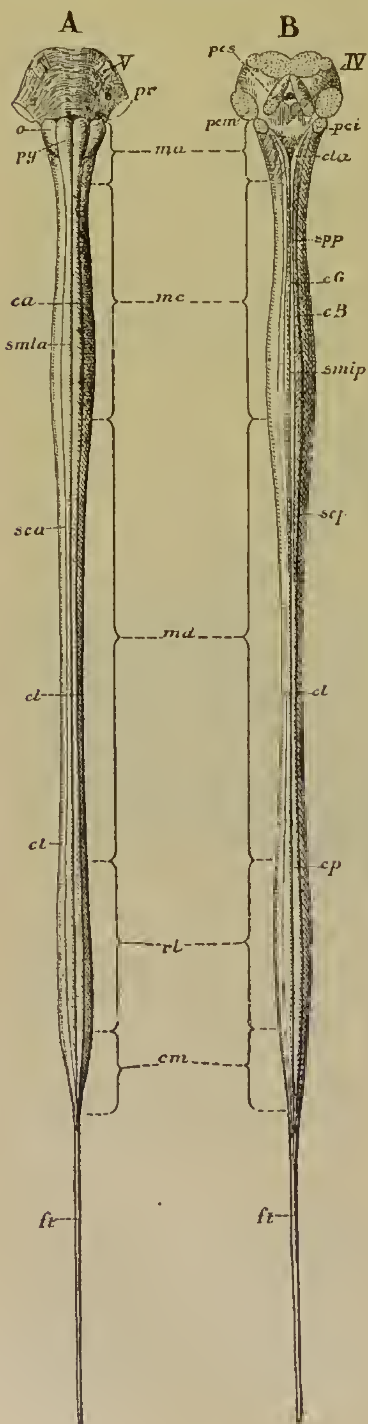


FIG. 19.

Face antérieure et face postérieure de la moelle épinière, de la moelle allongée et de la protubérance annulaire après arrachement des nerfs périphériques.

Gr. nat. 1/4.

A : Face antérieure.
B : Face postérieure.
smla : Fissure médiane antérieure.
sca : Sillon latéral antérieur.
smlp : Sillon médian postérieur.
scp : Sillon latéral postérieur.
spp : Sillon paramédian postérieur.
ca : Cordon antérieur.
cl : Cordon latéral.
cp : Cordon postérieur.
cG : Faisceau de GOLL.
cB : Faisceau de BURDACH.
pr : Protubérance annulaire.
ma : Moelle allongée.
V : Origine du nerf trijumeau.
py : Pyramides de la moelle allongée.
o : Olives.
pcs : Pédoncules cérébelleux supérieurs.
pcm : Pédoncules cérébelleux moyens.
pci : Pédoncules cérébelleux inférieurs.
IV : Plancher du quatrième ventricule.
mc : Moelle cervicale.
md : Moelle dorsale.
rl : Renflement lombaire.
cm : Cône médullaire.
ft : Filet terminal.
cla : Clava.

est fixée à la moelle allongée; aussi semble-t-elle, dans le cours du développement, remonter insensiblement dans la cavité rachidienne. Au sixième mois de la vie intra-utérine le cône médullaire se trouve au commencement du canal sacré. Au moment de la naissance, la

moelle ne descend plus que jusqu'au niveau de la troisième vertèbre lombaire, pour remonter encore jusqu'à la deuxième ou même la première vertèbre lombaire, qu'elle atteint au commencement de la deuxième année et où on la retrouve chez l'adulte.

La moelle épinière n'occupe pas non plus toute la *largeur* du canal vertébral. Entourée intimement par la pie-mère, elle flotte pour ainsi dire dans le liquide encéphalo-rachidien renfermé dans le sac arachnoïdien ou confluent cérébello-médullaire. L'arachnoïde est recouverte par la dure-mère et celle-ci est séparée de la face interne des os par du tissu conjonctif adipeux assez abondant et par les veines intra-rachidiennes, FIG. 18.

Cette liberté relative de la moelle épinière dans le canal vertébral était nécessaire pour la garantir contre les compressions que les vertèbres pourraient exercer sur elle pendant les mouvements si variés et si multiples de la colonne vertébrale.

La moelle épinière ne constitue pas un cylindre parfait; elle est aplatie légèrement d'avant en arrière, de telle sorte que son diamètre transversal l'emporte de 1 à 2 mm. sur son diamètre antéro-postérieur.

Elle ne présente pas non plus dans toute sa longueur une épaisseur uniforme, mais elle s'élargit considérablement dans la région cervicale, entre la troisième vertèbre cervicale et la deuxième vertèbre dorsale, où elle présente le *renflement cervical (intumescentia cervicalis);* et dans la région thoracique, de la dixième à la douzième vertèbre dorsale, où elle forme ce qu'on appelle le *renflement lombaire (intumescentia lumbalis)*, FIG. 19.

Ces renflements correspondent exactement aux endroits où la moelle épinière fournit les nerfs périphériques pour les membres thoraciques et les membres abdominaux.

A partir de la partie la plus épaisse du renflement lombaire, la moelle épinière se rétrécit brusquement et se termine en cône : le *cône terminal* ou *cône médullaire* (*conus medullaris*), auquel fait suite le *filet terminal* (*filum terminale*), cordon grêle d'une longueur de 20 à 25 centimètres et qui va se terminer sur la face postérieure du coccyx.

La face antérieure de la moelle épinière présente, sur la ligne médiane, un sillon longitudinal large et profond : la *fissure médiane antérieure* (*fissura mediana anterior*). Sur la face postérieure de la moelle, on trouve un sillon médian beaucoup plus superficiel : le *sillon médian postérieur* (*sulcus medianus posterior*). Ces sillons divisent la moelle en deux moitiés symétriques, FIG. 20.

De chaque côté de la ligne médiane, à 2 ou 3 millimètres en dehors du sillon médian postérieur, on voit sortir de la moelle une série presque ininterrompue de troncs nerveux qui forment les racines postérieures ou sensitives des nerfs spinaux, FIG. 21. Quand on arrache ces racines, on trouve sur la moelle un sillon longitudinal parallèle au sillon médian. C'est le *sillon collatéral postérieur* (*sulcus lateralis posterior*). Les racines antérieures ou motrices des nerfs spinaux sortent de la face antérieure de la moelle épinière, un peu en



FIG. 20.

Coupe transversale de la moelle vers le milieu du renflement cervical.

smla : Fissure médiane antérieure.
smlp : Sillon médian postérieur.
c. bl. a. : Commissure blanche antérieure.
c. gr. post. : Commissure grise postérieure.
r. ant. : Racines antérieures.
ca : Cordon antérieur.

cl : Cordon latéral.
scp : Sillon collatéral postérieur.
cp : Cordon postérieur.
spp : Septum paramédian postérieur.
cG : Faisceau de Goll.
cB : Faisceau de BURDACH.

dehors de la fissure médiane. Ces racines sortent par groupes, plusieurs troncs nerveux étant placés l'un à côté de l'autre, de sorte que, après les avoir enlevées, on trouve un sillon large et interrompu appelé *sillon collatéral antérieur* (*sulcus lateralis anterior*).

Les sillons que nous venons de décrire ont tous une direction longitudinale, ils délimitent sur la face externe de la moelle épinière des faisceaux de fibres nerveuses qu'on appelle *cordons* (*funiculi medullæ spinalis*). Il y a trois cordons dans chaque moitié de la moelle épinière :

1° Le *cordon antérieur* (*funiculus anterior*) limité par la fissure médiane antérieure et le sillon collatéral antérieur.

2º Le *cordon latéral (funiculus lateralis)* compris entre les deux sillons collatéraux d'une même moitié de la moelle.

3º Le *cordon postérieur (funiculus posterior)* situé entre le sillon collatéral postérieur et le sillon médian postérieur.

Dans toute la longueur de la moelle cervicale, ce cordon postérieur est subdivisé en deux par un sillon surnuméraire : le *sillon postérieur intermédiaire* (*sulcus intermedius posterior*) ou *sillon paramédian;* la partie externe du cordon postérieur prend le nom de *cordon* ou *faisceau cunéiforme (fasciculus cuneatus)* ou *faisceau de Burdach* et la partie interne celui de *cordon* ou *faisceau grêle (fasciculus gracilis)* ou *faisceau de Goll.*

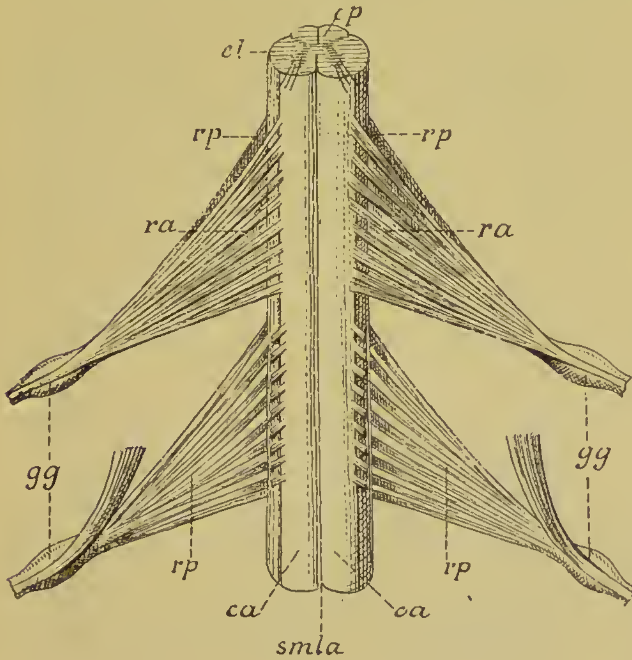


FIG. 21.

Partie de la moelle thoracique. Gr. natur.

smla : Fissure médiane antérieure.
ca : Cordon antérieur.
cl : Cordon latéral.
rp : Racines postérieures.
ra : Racines antérieures.
gg : Ganglion spinal.
cp : Cordon postérieur.

De plus, dans la partie supérieure de la moelle cervicale, on voit sortir du cordon latéral, un peu au-devant des racines postérieures des quatre ou cinq premiers nerfs cervicaux, une série de filets radiculaires qui se réunissent bientôt en un tronc unique remontant dans la cavité rachidienne jusqu'au niveau du trou occipital. Ce sont les filets radiculaires de la partie médullaire d'un nerf cranien : le *nerf accessoire de Willis* ou *nerf spinal.*

Après leur sortie de la moelle épinière, les racines antérieures et les racines postérieures des nerfs spinaux se réunissent en faisceaux. Chacun des faisceaux postérieurs, arrivé dans le trou intervertébral, présente sur son trajet un épaississement en forme de nœud appelé *ganglion spinal*, puis il se réunit à un faisceau antérieur pour former un nerf mixte, à la fois sensitif et moteur, FIG. 21.

A l'époque où la moelle épinière occupe toute l'étendue du canal vertébral, les nerfs spinaux se dirigent horizontalement en dehors pour sortir du canal par les trous intervertébraux correspondants. Mais dans le cours du développement, avons-nous dit, l'accroissement en longueur de la moelle reste en retard sur l'accroissement correspondant du canal vertébral. D'après les mensurations de PFITZNER, auxquelles nous pouvons joindre le résultat de quelques observations personnelles, ce retard dans l'accroissement en longueur n'intéresse pas au même degré toutes les parties de la moelle. Dans la région cervicale, la moelle suit presque régulièrement le développement des vertèbres cervicales. Elle s'étend en moyenne jusque vers le milieu du corps de la septième vertèbre cervicale ; aussi les nerfs cervicaux se dirigent-ils plus ou moins horizontalement vers les trous de conjugaison de la région cervicale. La partie dorsale de la moelle épinière suit moins régulièrement l'accroissement en hauteur des vertèbres dorsales. Elle descend, en moyenne, dans le canal vertébral, jusqu'au bord inférieur de la dixième vertèbre dorsale. Aussi les nerfs dorsaux, pour arriver aux trous de conjugaison de la colonne dorsale, parcourent-ils, dans le canal rachidien, un trajet dont la lon-

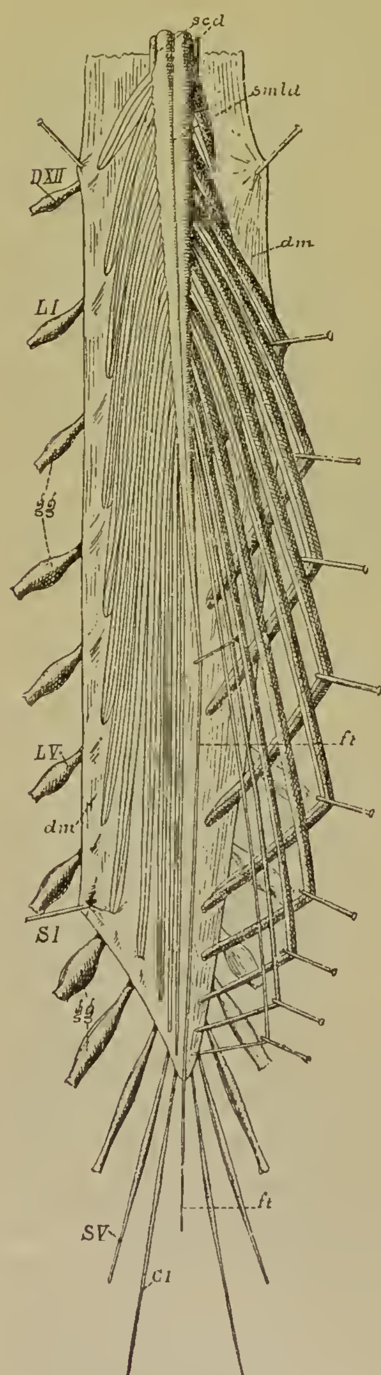


FIG. 22.

Partie inférieure de la moelle épinière avec la queue de cheval, après ouverture de la dure-mère. Gr. nat. 1/2.

DXII : Douxième nerf dorsal.
LI et *LV* : Premier et cinquième nerfs lombaires.
SI et *SV* : Premier et cinquième nerfs sacrés.
CI : Premier nerf coccygien.
ft : Filet terminal.
gg : Ganglions spinaux.
smld : Sillon médian postérieur.
scd : Sillon collatéral postérieur.
dm : Dure-mère ouverte.

gueur augmente insensiblement depuis le premier jusqu'au douzième nerf dorsal, FIG. 23. C'est surtout le développement en longueur de la moelle lombaire et de la moelle sacrée qui retarde sur celui des vertèbres correspondantes. Chez l'adulte, la moelle a quitté complètement la région sacrée et ne descend, dans le canal vertébral, que jusqu'au niveau de la deuxième ou même de la première vertèbre lombaire. Les nerfs lombaires, sacrés et coccygien, pour atteindre les trous de conjugaison par où ils doivent quitter le canal vertébral, descendent donc verticalement dans ce canal enveloppant le cône médullaire et le filet terminal. Cette partie inférieure de la moelle, entourée par ce paquet de nerfs, porte le nom de *queue de cheval (cauda equina)*, FIG. 22.

La disposition spéciale que PFITZNER signale pour les deux derniers nerfs dorsaux, à savoir qu'entre le sac dural et le trou de conjugaison ces nerfs présenteraient un trajet non descendant, mais ascendant, n'a pas été retrouvée par nous dans les quelques observations que nous avons faites pour contrôler les mensurations de PFITZNER.

Quand, sur un cadavre intact couché sur la face ventrale, on ouvre le canal rachidien en faisant sauter les lames de toutes les vertèbres, et qu'on enlève le

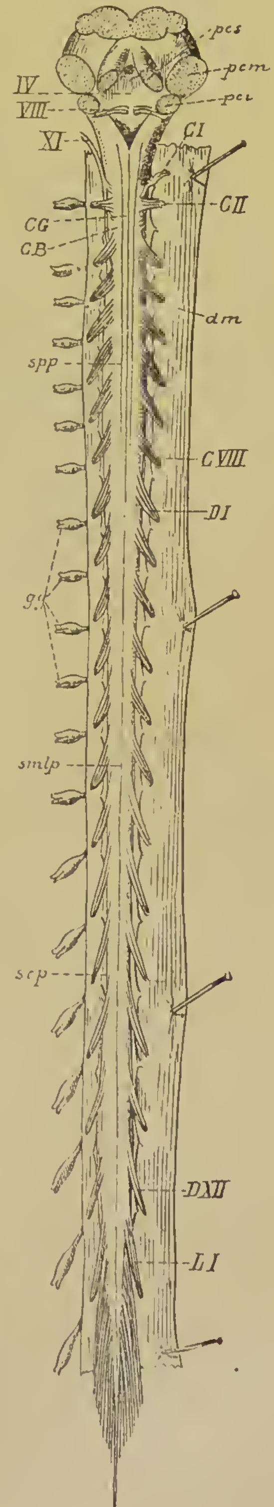


FIG. 23.

Face postérieure de la moelle épinière après ouverture de la dure-mère rachidienne. Gr. nat. 1/3.

smlp : Sillon médian postérieur.
spp : Sillon paramédian postérieur.
CG : Cordon ou faisceau de GOLL.
CB : Cordon ou faisceau de BURDACH.
scp : Sillon collatéral postérieur d'où sortent les racines postérieures des nerfs spinaux.
CI : Premier nerf cervical.
CVIII : Huitième nerf cervical.
DI : Premier nerf dorsal.
DXII : Douzième nerf dorsal.
LI : Premier nerf lombaire.
gg : Ganglions spinaux.
dm : Dure-mère ouverte.
XI : Partie inférieure du nerf accessoire.

tissu adipeux qui enveloppe la dure-mère, on constate, la *dure-mère n'étant pas ouverte,* que les huit nerfs cervicaux et les six premiers nerfs dorsaux présentent, entre la dure-mère et le trou intervertébral, un trajet horizontal. C'est seulement à partir du septième nerf dorsal que ce trajet *intra-rachidien* devient oblique en bas et en dehors. A peine indiquée pour le septième nerf dorsal, cette obliquité va en s'accentuant de plus en plus pour les nerfs dorsaux inférieurs et pour les nerfs lombaires ; elle se rapproche de la verticale pour les nerfs sacrés et le nerf coccygien.

Si l'on ouvre la dure-mère par sa face postérieure on constate que, de tous les nerfs spinaux, les deux premiers nerfs cervicaux seuls présentent dans toute leur étendue, depuis la moelle jusqu'au trou invertébral, un trajet horizontal. A partir du troisième nerf cervical déjà, le trajet *intra-dural* devient oblique en bas et en dehors. Faible pour les six derniers nerfs cervicaux, cette obliquité va en augmentant insensiblement du premier au douzième nerf dorsal. Pour les nerfs lombaires, les nerfs sacrés et le nerf coccygien le trajet intra-dural se rapproche de plus en plus de la direction verticale.

Le myélencéphale

Arrivée au bord supérieur de l'atlas, la moelle épinière s'élargit insensiblement suivant tous ses diamètres, mais surtout suivant le diamètre frontal et devient *moelle allongée*, appelée encore *bulbe rachidien, arrière-cerveau* ou mieux *myélencéphale.*

Le myélencéphale est la partie de l'axe cérébro-spinal comprise entre la moelle épinière et la protubérance annulaire. Il provient de la transformation de la partie postérieure de la troisième vésicule cérébrale primitive ou rhombencéphale. Séparée de la protubérance annulaire par un sillon horizontal, la moelle allongée se continue avec la moelle épinière sans ligne de démarcation précise. Elle repose sur la partie postérieure de la gouttière basilaire de l'os occipital et sur la partie supérieure de la membrane occipito-axoïdienne, qui la sépare du sommet de l'apophyse odontoïde de l'axis. Elle répond en arrière à la face antérieure du cervelet, au confluent sous-arachnoïdien postérieur ou confluent cérébello-médullaire, au bord postérieur du trou occipital et à l'espace assez large qui sépare l'occipital de l'arc postérieur de l'atlas. Cet espace fermé par la membrane occipito-atloïdienne postérieure constitue un rapport important. Par là, en effet, la moelle allongée est accessible à des

instruments tranchants qui glisseraient le long de la face inférieure de l'occipital, FIG. 24.

Considérée dans son ensemble, la moelle allongée a la forme d'un cône à la base supérieure tournée vers la protubérance annulaire

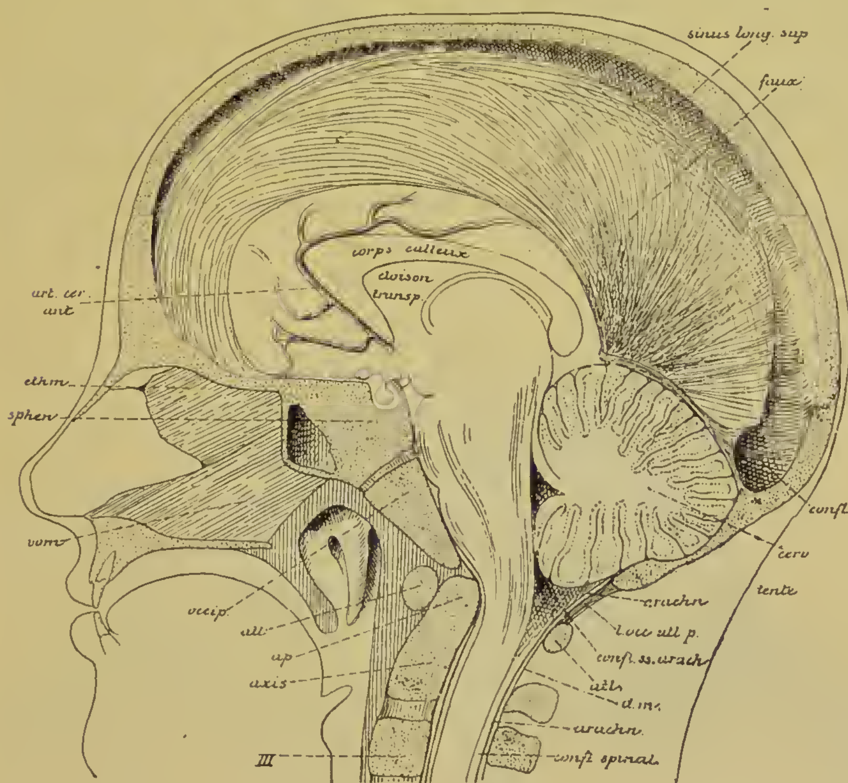


FIG. 24.

Section médiane faite à travers la tête d'un enfant âgé de six ans.
Gr. nat. 1/2.

confl. : Confluent des sinus.
cerv. : Cervelet.
arach. : Arachnoïde.
l. occ. atl. p. : Ligament occipito-atloïdien postérieur.
confl. ss. arach. : Confluent sous-arachnoïdien postérieur.
atl. : Atlas.
dm. : Dure-mère.
ap. : Apophyse odontoïde de l'axis.
III : Corps de la troisième vertèbre cervicale.
art. cer. ant. : Artère cérébrale antérieure.
ethm. : Lame perpendiculaire de l'ethmoïde.
sphen. : Corps du sphénoïde.
vom. : Vomer.
occip. : Apophyse basilaire de l'occipital.

et dont le sommet dirigé en bas et un peu en arrière se continue avec la moelle épinière. Elle a une longueur de trois centimètres et mesure, près de sa base, deux centimètres de largeur.

La face antérieure, FIG. 26, présente sur la ligne médiane un

sillon longitudinal large et profond, continuation de la fissure médiane antérieure de la moelle épinière ; c'est la *fissure médiane antérieure du bulbe (fissura mediana anterior)*. Quand on écarte les deux lèvres de cette fissure, on voit qu'elle est interrompue, dans sa partie inférieure, par des faisceaux entrecroisés de fibres nerveuses formant l'*entrecroisement* ou la *décussation des pyramides (decussatio pyramidum)*.

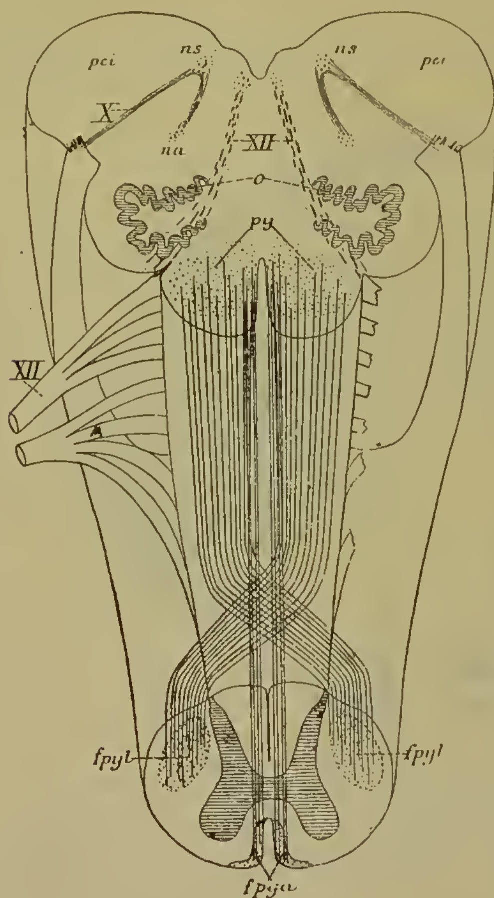


Fig. 25.

Schéma montrant l'entrecroisement des pyramides à la partie inférieure de la moelle allongée.

X : Fibres radiculaires,
ns : Noyau sensitif terminal et
na : Noyau ambigu ou noyau d'origine moteur du nerf pneumo-gastrique.
pci : Pédoncule cérébelleux inférieur.
XII : Fibres radiculaires du nerf hypoglosse.
py : Pyramides de la moelle allongée.
fpyl : Faisceau pyramidal du cordon latéral ou faisceau cérébro-spinal latéral de la moelle épinière.
fpya : Faisceau pyramidal du cordon antérieur ou faisceau cérébro-spinal antérieur.

Lorsque nous étudierons plus tard la structure interne de l'axe cérébro-spinal, nous verrons, dans chaque moitié de l'axe nerveux, un faisceau de fibres nerveuses provenir des cellules nerveuses d'une région déterminée de l'écorce cérébrale et descendre, à travers toutes les parties de l'axe cérébro-spinal, jusque près de l'extrémité inférieure de la moelle épinière. Ce faisceau porte le nom de *faisceau pyramidal, faisceau cérébro-spinal (fasciculus cerebrospinalis), voie pyramidale* ou *voie motrice centrale*.

Au niveau de la moelle allongée, les fibres de chaque voie pyramidale, réunies en un faisceau compact, font saillie sur la face antérieure du bulbe et forment, de chaque côté de la fissure médiane, un cordon blanc longitudinal élargi en haut et rétréci en bas : la *pyramide du bulbe (pyramis medullæ oblongatæ), py*. Près de l'extrémité inférieure de la moelle allongée, la plus

grande partie des fibres de chaque pyramide passent la ligne médiane et s'entrecroisent avec celles du côté opposé, au fond de la fissure médiane, pour se rendre dans le cordon latéral de la moelle épinière. Les fibres non entrecroisées descendent directement dans la partie interne du cordon antérieur du côté correspondant de la moelle, FIG. 25.

Ce sont les fibres pyramidales entrecroisées qui apparaissent dans la partie inférieure de la fissure médiane antérieure de la moelle allongée, quand on écarte les deux lèvres de cette fissure, et qui

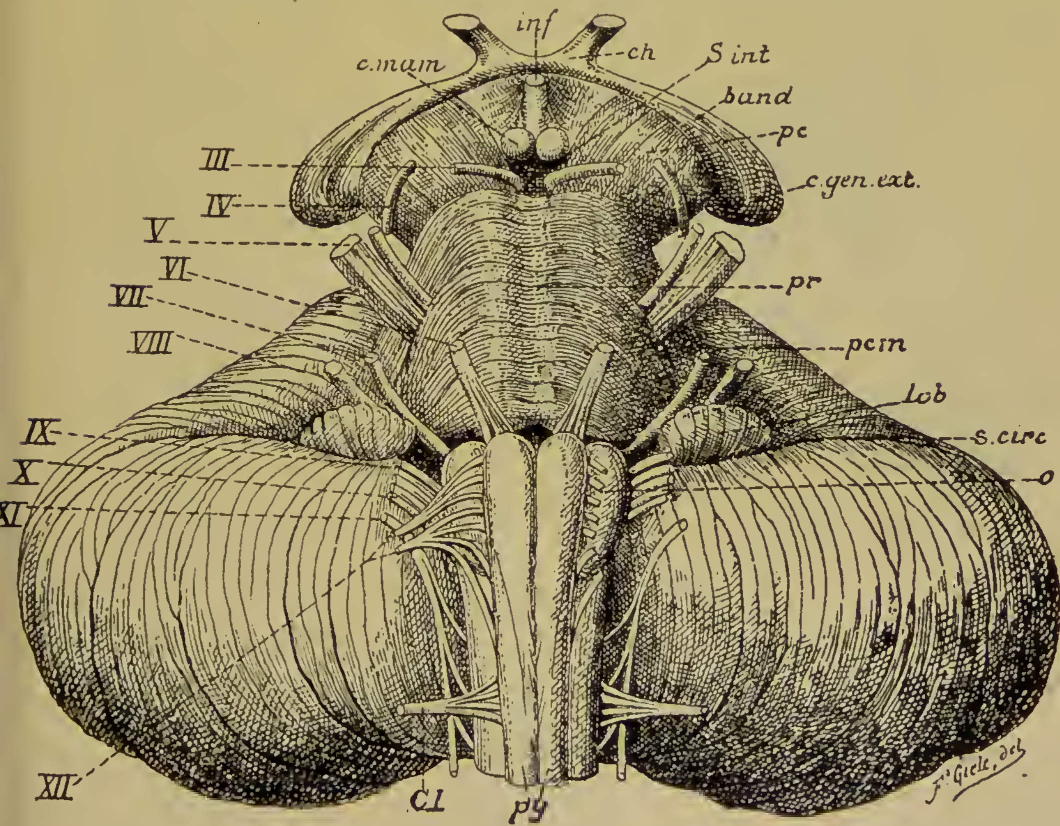


FIG. 26.

Face antérieure du tronc cérébral. Gr. nat.

c. mam. : Corps mamillaires.
inf. : Tige pituitaire.
ch. : Chiasma des nerfs optiques.
s. int. : Substance interpédonculaire
band. : Bandelette optique.
pc : Pédoncule cérébral.
c. gen. ext. : Corps genouillé externe.
pr. : Protubérance annulaire.
pcm : Pédoncule cérébelleux moyen.
lob. : Lobule du pneumo-gastrique (flocculus).
s. circ. : Sillon circonférenciel.
o. : Olive.
py. : Pyramides.
CI : Racine antérieure du premier nerf cervical.
III à XII. : Origine des dix dernières paires de nerfs craniens.

forment la *décussation des pyramides*, l'*entrecroisement des pyramides* ou l'*entrecroisement des fibres motrices centrales.*

En dehors de la pyramide, FIG. 25 et 26, existe un sillon longitudinal, qui est la continuation du sillon collatéral antérieur de la moelle épinière. De ce *sillon collatéral antérieur du bulbe* (*sulcus lateralis anterior*) sortent dix à douze filets radiculaires qui convergent les uns vers les autres et se réunissent pour constituer un nerf périphérique ; ce sont les filets d'origine du nerf *grand hypoglosse.*

Derrière le sillon collatéral antérieur, on voit la continuation du cordon latéral de la moelle épinière, qui devient le *cordon* ou le *faisceau latéral du bulbe (funiculus lateralis).*

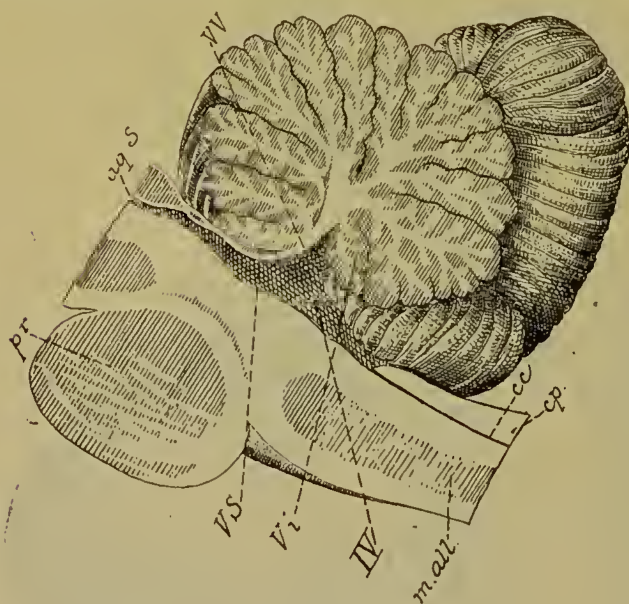


FIG. 27.
Coupe médiane à travers le rhombencéphale.
Gr. nat.

pr. : Protubérance annulaire.
m. all. : Moelle allongée.
aq. S. : Aqueduc de SYLVIUS.
VV : Valvule de VIEUSSENS.
VS : Extrémité antérieure du ver supérieur.
Vi : Extrémité antérieure du ver inférieur.
IV : Quatrième ventricule.
cc : Canal central de la moelle épinière.
cp : Cordon postérieur.

Très large et très épais dans la moitié inférieure de la moelle allongée, ce faisceau latéral va en diminuant de volume vers la moitié supérieure. Dans cette partie supérieure il est considérablement réduit et il est séparé de la pyramide par une saillie oblongue, à grand diamètre vertical, appelée *olive (oliva), o.* L'olive est limitée à son extrémité inférieure par des fibres en arcades à convexité inférieure plus ou moins apparentes d'après les individus ; elles portent le nom de *fibres arciformes externes (fibræ arcuatæ externæ).*

Le faisceau latéral du bulbe a comme limite postérieure un sillon longitudinal, qui est la continuation directe du sillon collatéral postérieur de la moelle épinière : c'est le *sillon collatéral postérieur du bulbe (sulcus lateralis posterior).* Il n'est nettement

visible que sur la face latérale et, en partie aussi, sur la face postérieure de la moelle allongée. De toute la longueur de ce sillon partent de nombreux filets radiculaires. A une petite distance de la moelle allongée, ces filets se réunissent en trois faisceaux nettement distincts constituant de haut en bas : le nerf *glosso-pharyngien, IX*, le nerf *vague* ou *pneumo-gastrique*, *X*, et la partie supérieure ou partie bulbaire du *nerf accessoire, XI*.

Examinée par sa face postérieure, FIG. 28, la moelle allongée présente une configuration différente dans sa moitié inférieure et dans sa moitié supérieure. Dans sa moitié inférieure, elle ressemble à la partie voisine de la moelle cervicale : on y retrouve le sillon médian postérieur devenu large et profond, prenant le nom de *fissure médiane postérieure*

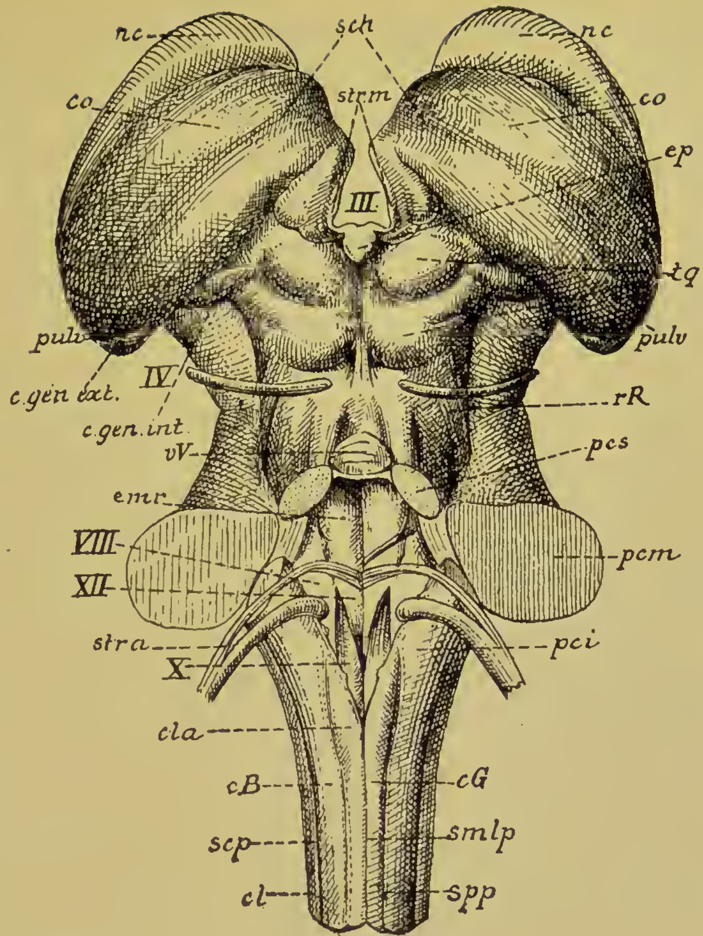


FIG. 28.
Face postérieure du tronc cérébral. Gr. nat.

smlp : Fissure médiane postérieure.
spp : Sillon paramédian postérieur.
scp : Sillon collatéral postérieur.
cG : Cordon ou faisceau de GOLL.
cB : Cordon ou faisceau de BURDACH.
cl : Cordon latéral.
cla. : Clava.
pci : Pédoncule cérébelleux inférieur.
XII : Trigone de l'hypoglosse ou aile blanche interne.
X : Trigone du vague et du glosso-pharyngien ou aile grise.
VIII : Région acoustique ou aile blanche externe.
str. a. : Stries acoustiques ou médullaires.
pcm : Pédoncule cérébelleux moyen.
emr : Eminence ronde ou médiane.
pcs : Pédoncule cérébelleux supérieur.
vV : Valvule de VIEUSSENS.
rR : Ruban de REIL.
IV : Nerf pathétique.
c. gen. int. : Corps genouillé interne.
c. gen. ext. : Corps genouillé externe.
pulv. : Pulvinar.
tq : Tubercules quadrijumeaux.
ep. : Epiphyse ou corps pinéal.
co. : Couche optique.
sch : Sillon choroïdien.
nc : Noyau caudé.
strm : Strie médullaire de la couche optique.
III : Troisième ventricule.

(fissura mediana posterior), *smlp;* le cordon postérieur subdivisé par le sillon paramédian, *spp*, en faisceau grêle ou de GOLL, *cG*, et faisceau cunéiforme ou de BURDACH, *cB;* le sillon collatéral postérieur, *scp*, et une partie du cordon latéral, *cl*.

Dans sa moitié supérieure la configuration de la moelle allongée est tout autre. Les cordons postérieurs de la moelle *semblent* à ce niveau s'être écartés l'un de l'autre, en laissant entre eux un espace triangulaire à base supérieure et à sommet inférieur qui forme la partie inférieure du plancher du quatrième ventricule *(pars inferior fossae rhomboideae)*. Ce ventricule est la partie élargie du canal médullaire primitif sur toute la longueur du rhombencéphale, FIG. 27, *IV*. Il communique en bas avec le canal central de la moelle épinière, *cc*, et se continue en haut avec l'*aqueduc de Sylvius* du cerveau moyen, *aq. S*.

Quand on met à découvert le plancher de ce ventricule *(fossa rhomboidea)* en enlevant le cervelet, FIG. 28, on constate qu'il a une forme losangique et qu'il est formé à la fois par la face postérieure des pédoncules cérébraux au niveau de l'isthme du rhombencéphale, par la face postérieure de la protubérance annulaire et par la face postérieure de la moelle allongée. La partie qui correspond à la moelle allongée constitue son triangle inférieur. Ce triangle est limité, de chaque côté, par un faisceau blanc très épais qui semble être la continuation directe du cordon postérieur de la moelle et qui se rend vers le cervelet. Ce faisceau porte le nom de *corps restiforme (corpus restiforme)* ou *pédoncule cérébelleux inférieur*, *pci*. Au moment où les cordons postérieurs de la moelle semblent s'écarter l'un de l'autre, pour devenir pédoncules cérébelleux inférieurs et limiter le triangle inférieur du plancher du quatrième ventricule, ils présentent de chaque côté deux tubercules arrondis : l'un, interne, est situé dans l'épaisseur du faisceau de GOLL, c'est la *clava*, *cl ;* l'autre, externe, occupe le faisceau de BURDACH, on l'appelle *tubercule du faisceau de Burdach*.

Les corps restiformes sont limités en dehors par le sillon collatéral postérieur d'où sortent, ainsi que nous l'avons dit plus haut, les filets radiculaires des nerfs glosso-pharyngien, pneumo-gastrique et spinal.

La surface triangulaire inférieure du plancher, limitée latéralement par les pédoncules cérébelleux inférieurs, est souvent désignée sous le nom de *calamus scriptorius*. Elle présente sur la ligne médiane une fissure longitudinale. Près de la base du calamus, on voit partir de

cette fissure quelques fins cordons blancs qui se dirigent plus ou moins horizontalement en dehors, contournent le pédoncule cérébelleux inférieur et se rendent au noyau accessoire du nerf acoustique. Ce sont les *stries acoustiques* ou *stries médullaires (striæ medullares), str. a.*. Ces stries sont variables en nombre et en importance d'après les individus. Elles peuvent même complètement faire défaut.

De chaque côté de la fissure médiane, entre les stries acoustiques et le sommet ou *bec* du calamus, on aperçoit en allant de dedans en dehors :

1º Une surface triangulaire blanche à base supérieure et à sommet inférieur : l'*aile blanche interne*. A ce niveau on trouve, dans la profondeur du bulbe, les cellules d'origine des fibres du nerf hypoglosse ; pour ce motif on désigne aussi cette aile blanche sous le nom de *trigone de l'hypoglosse (trigonum nervi hypoglossi), XII*. Ce trigone est limité en dehors par un sillon longitudinal qui se prolonge sur la face postérieure du pont de Varole : c'est le *sillon limitant du plancher du quatrième ventricule (sulcus limitans fossæ rhomboideæ)* séparant les mases grises motrices des masses grises sensitives.

D'après les recherches récentes de Retzius, ce trigone de l'hypoglosse est généralement parcouru par une petite crête longitudinale qui le divise en deux parties ou deux faces : une face latérale large et une face médiane plus étroite. La face latérale présente souvent une série de petits plis transversaux qui lui donne l'aspect d'une plume *(area pluniformis trigoni hypoglossi)*. La face médiane *(area medialis trigoni hypoglossi)* présente, vers sa partie moyenne, une légère sallie *(eminentia medialis trigoni)*.

2º Une surface triangulaire grise à base inférieure et à sommet supérieur : l'*aile grise (ala cinerea)*. Cette aile grise se trouve en connexion avec les fibres du nerf glosso-pharyngien et du nerf pneumogastrique, aussi l'appelle-t-on encore : *trigone du vague et du glosso-pharyngien, X*.

Au niveau de cette aile grise le plancher du quatrième ventricule est légèrement déprimé ; cette dépression semble être, à première vue, une partie élargie du sillon limitant et est connue sous le nom de *fossette inférieure (fovea inferior)*.

3º Une petite surface triangulaire blanche à base supérieure appelée *aile blanche externe* ; elle n'est que la partie inférieure d'une zone blanche plus volumineuse qui se prolonge sur la face postérieure de la protubérance annulaire. Cette zone, croisée transversalement

par les stries médullaires, constitue un des noyaux de terminaison du nerf acoustique ; on l'appelle *région acoustique (area acustica) VIII.*

Cette région acoustique se prolonge en dehors, en contournant le pédoncule cérébelleux inférieur, jusqu'au niveau du tubercule acoustique situé sur la face antéro-externe de ce pédoncule. Elle forme, dans sa partie rétrécie et externe, le plancher du récessus latéral du quatrième ventricule.

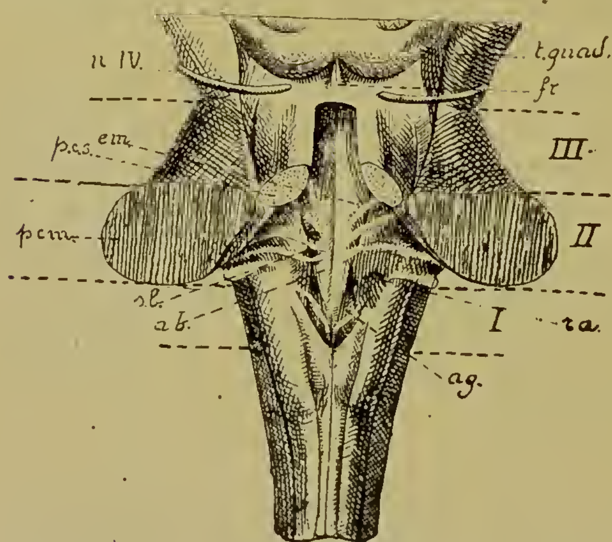


FIG. 29.

Plancher du quatrième ventricule. Gr. nat.

I : Partie inférieure.
II : Partie intermédiaire.
III : Partie supérieure.
a. b. : Aile blanche interne.
a. g. : Aile grise limitée en bas par un mince cordon blanc *(funiculus separans).*
r. a. : Région acoustique.
t. quad. : Tubercules quadrijumeaux,
s. l. : Sillon limitant.
p. c. m. : Pédoncule cérébelleux moyen.
p. c. s. : Pédoncule cérébelleux supérieur.
e. m. : Eminence médiane.
IV : Nerf pathétique.

Cette description du triangle inférieur du plancher du quatrième ventricule doit être complétée par des détails de structure sur lesquels RETZIUS a appelé l'attention. Le bord inférieur de l'aile grise ne touche, en effet, pas directement le bord interne du pédoncule cérébelleux inférieur ; mais de l'extrémité inférieure de la région acoustique on voit partir un mince cordon blanc qui se dirige en bas et en dedans et qui peut se poursuivre jusqu'au niveau du sommet du calamus. Ce cordon blanc *(funiculus separans* de RETZIUS) sépare de l'aile grise une petite languette grise à surface irrégulière, s'étendant du bec du calamus jusqu'au niveau de l'extrémité inférieure du trigone acoustique. C'est cette languette grise (*area postrema* de RETZIUS) qui forme la limite externe du plancher, celle qui longe le bord interne du pédoncule cérébelleux inférieur, FIG. 29.

Au bord externe de cette languette grise, de même qu'au bord externe du trigone acoustique, s'insère le bord latéral épaissi de la toile choroïdienne qui forme le toit du quatrième ventricule. Cette toile choroïdienne se continue, à ce niveau, avec l'épithélium épendymaire qui tapisse le plancher. Quand on a enlevé la toile, la partie latérale épaisse reste adhérente le long de la limite externe du plancher et forme là une légère crête désignée par les auteurs sous les noms de *ligula*, *ponticulus* ou *toenia*. Près du bec du calamus, ce toenia se présente, sur une

coupe transversale, comme un petit prolongement triangulaire surplombant quelque peu le ventricule et appelé *obex*. Au niveau de l'angle externe du trigone acoustique, le toenia est interrompu par le trou de LUSCHKA qui fait communiquer le quatrième ventricule avec les cavités sous-arachnoïdiennes.

Sur ses faces latérales, FIG. 30, la moelle allongée présente d'avant en arrière : les filets radiculaires de l'hypoglose, *XII*, sortant du sillon collatéral antérieur; le faisceau latéral du bulbe large en bas et rétréci en haut où il est séparé du sillon collatéral antérieur par l'olive, *o* ; puis le sillon collatéral postérieur séparant le faisceau latéral du corps restiforme et d'où sortent les filets radiculaires des nerfs glosso-pharyngien, *IX*, pneumo-gastrique, *X*, et spinal *XI*.

La face postérieure de la moelle allongée se continue, sans ligne de démarcation, avec la face postérieure de la protubérance annulaire.

La face antérieure et les faces latérales de la moelle allongée sont séparées de la protubérance annulaire par un sillon horizontal plus ou moins profond d'où sortent : au-dessus de la pyramide, les filets d'origine du nerf oculo-moteur externe, *VI* ; au-dessus du faisceau latéral, les filets du facial, *VII*, et, un peu en arrière, ceux du nerf acoustique, *VIII*.

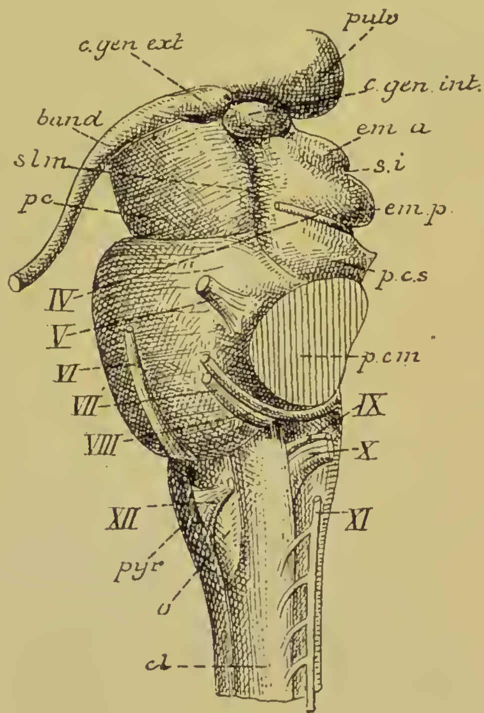


FIG. 30.

Tronc cérébral vu par sa face latérale. Gr. nat.

cl : Cordon latéral.
pyr. : Pyramide antérieure.
XII : Filets radiculaires du nerf hypoglosse.
o. : Olive.
XI, X, IX : Filets radiculaires du nerf accessoire ou spinal, du nerf pneumo-gastrique et du nerf glosso-pharyngien.
VIII : Nerf acoustique.
VII : Nerf facial.
VI : Nerf oculo-moteur externe.
V : Nerf trijumau.
pcm : Pédoncule cérébelleux moyen.
pcs : Pédoncule cérébelleux supérieur.
emp : Eminences postérieures.
ema : Eminences antérieures des tubercules quadrijumeaux.
si : Sillon interbrachial.
c. gen. int. : Corps genouillé interne.
pulv. : Pulvinar.
c. gen. ext. : Corps genouillé externe.
band. : Bandelette optique.
slm : Sillon latéral du mésencéphale.
pc : Pédoncule cérébral.

Le métencéphale.

Le métencéphale est formé de deux parties nettement distinctes l'une de l'autre : la *protubérance annulaire* ou *pont de Varole* du côté antérieur et le *cervelet* du côté postérieur.

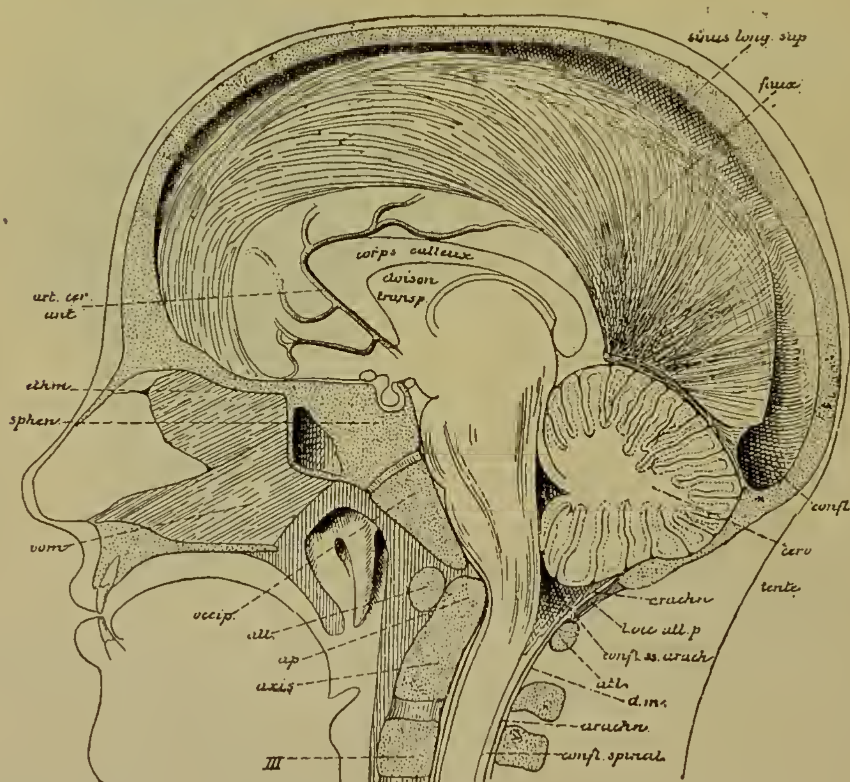


FIG. 31.

Section médiane faite à travers la tête d'un enfant âgé de six ans.
Gr. nat. 1/2.

confl. : Confluent des sinus.
cerv. : Cervelet.
arach. : Arachnoïde.
l. occ. atl. p. : Ligament occipito-atloïdien postérieur.
confl. ss. arach. : Confluent sous-arachnoïdien postérieur.
atl. : Atlas.
dm : Dure-mère.
ap. : Apophyse odontoïde de l'axis.
III : Corps de la troisième vertèbre cervicale.
art. cer. ant. : Artère cérébrale antérieure.
ethm. : Lame perpendiculaire de l'ethmoïde.
sphen. : Corps du sphénoïde.
vom. : Vomer.
occip. : Apophyse basilaire de l'occipital.

A. **Protubérance annulaire** ou *pont de Varole (pons Varolii)*.

La protubérance annulaire se présente sous la forme d'une bande transversale large et épaisse. C'est un volumineux faisceau de fibres nerveuses à direction transversale. Elle est située au-devant du

cervelet, au-dessus de la moelle allongée, au-dessous des pédoncules cérébraux appartenant au cerveau moyen. Elle repose sur la partie supérieure de la gouttière basilaire, FIG. 31.

Latéralement cette bande transversale se rétrécit et s'arrondit, pour s'enfoncer dans les hémisphères du cervelet. Cette partie rétrécie prend le nom de *pédoncule cérébelleux moyen* ou *bras du pont (brachium pontis)*, FIG. 32. La limite entre la protubérance annulaire et le pédoncule cérébelleux moyen est conventionnelle. On admet généralement

FIG. 32.

Face antérieure du tronc cérébral. Gr. nat.

c. mam. : Corps mamillaires.
inf. : Tige pituitaire.
ch. : Chiasma des nerfs optiques.
s. int. : Substance interpédonculaire.
band. : Bandelette optique.
pc : Pédoncule cérébral.
c. gen. ext. : Corps genouillé externe.
pr. : Protubérance annulaire.
pcm : Pédoncule cérébelleux moyen.
lob. : Lobule du pneumo-gastrique (flocculus).
s. circ. : Sillon circonférenciel.
o. : Olive.
py. : Pyramides.
CI : Racine antérieure du premier nerf cervical.
III à XII. : Origine des dix dernières paires de nerfs craniens.

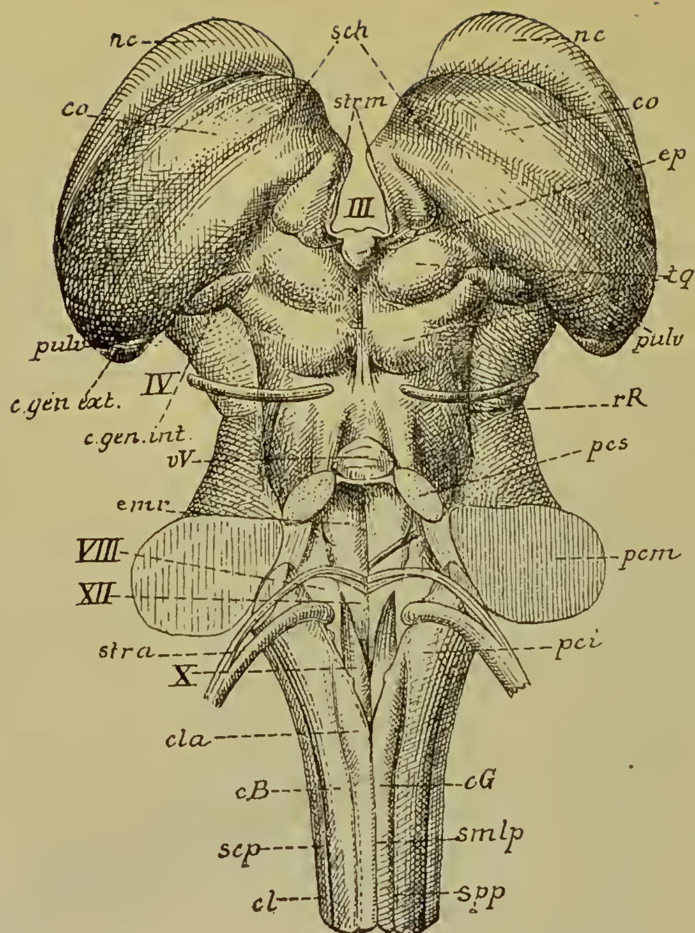


FIG. 33.

Face postérieure du tronc cérébral. Gr. nat.

smlp : Fissure médiane postérieure.
spp : Sillon paramédian postérieur.
scp : Sillon collatéral postérieur.
cG : Cordon ou faisceau de Goll
cB : Cordon ou faisceau de Burdach.
cl : Cordon latéral.
cla. : Clava.
pci : Pédoncule cérébelleux inférieur.
XII : Trigone de l'hypoglosse ou aile blanche interne.
X : Trigone du vague et du glosso-pharyngien ou aile grise.
VIII : Région acoustique ou aile blanche externe.
str. a. : Stries acoustiques ou médullaires.
pcm : Pédoncule cérébelleux moyen.
emr : Eminence ronde ou médiane.
pcs : Pédoncule cérébelleux supérieur.
vV : Valvule de Vieussens.
rR : Ruban de Reil.
IV : Nerf pathétique.
c.gen.int. : Corps genouillé interne.
c.gen.ext. : Corps genouillé externe.
pulv. : Pulvinar.
tq : Tubercules quadrijumeaux.
ep. : Epiphyse ou corps pinéal.
co. : Couche optique.
sch : Sillon choroïdien.
nc : Noyau caudé.
strm : Strie médullaire de la couche optique.
III : Troisième ventricule.

comme telle les racines du *nerf trijumeau* émergeant sur es faces latérales de la protubérance, *V*. Ce nerf présente deux faisceaux d'origine : un faisceau externe, épais et volumineux, qui constitue la racine sensitive et, un faisceau interne, beaucoup plus grêle, qui forme la racine motrice.

Entre les deux nerfs trijumeaux, la face antérieure de la protubérance annulaire présente une gouttière médiane longitudinale, le *sillon basilaire (sulcus basilaris)* correspondant au *tronc basilaire*. Ce tronc résulte de la réunion des deux artères vertébrales et monte entre la gouttière basilaire de la base du crâne et la face antérieure de la protubérance annulaire.

De chaque côté de la gouttière médiane, on voit une

saillie longitudinale due au passage des fibres de la pyramide antérieure du bulbe à travers la protubérance.

Le long du bord supérieur de la protubérance annulaire, dans le sillon qui la sépare des pédoncules cérébraux, on voit généralement un mince cordon blanc plus ou moins isolé, à direction transversale, s'enfonçant latéralement dans le sillon longitudinal qui sépare le pédoncule cérébelleux moyen du pédoncule cérébelleux supérieur : c'est le *toenia pontis.*

La face postérieure de la protubérance annulaire se continue, sans ligne de démarcation précise, avec la face postérieure de la moelle allongée et avec la partie supérieure du plancher du quatrième ventricule appartenant à l'isthme du rhombencéphale FIG. 33. Elle forme la partie moyenne ou partie intermédiaire du plancher du quatrième ventricule *(pars intermedia fossae rhomboideae)* comprise entre la section des deux pédoncules cérébelleux moyens. Cette partie intermédiaire, unie à la partie supérieure dépendant de l'isthme du rhombencéphale *(pars superior fossae rhomboideae)* ou partie comprise entre les deux pédoncules cérébelleux supérieurs, forme le triangle supérieur de ce plancher. Ce triangle est donc limité, de chaque côté, par la section du *pédoncule cérébelleux moyen (brachium pontis), pcm,* appartenant au métencéphale et le *pédoncule cérébelleux supérieur (brachium conjunctivum cerebelli), pcs,* formant une partie constitutive de l'isthme du rhombencéphale. Sur la ligne médiane de ce triangle supérieur on voit une fissure longitudinale qui se continue avec celle de la face postérieure de la moelle allongée. De chaque côté de cette fissure, on trouve une saillie oblongue à grand diamètre vertical : l'*éminence ronde* ou *éminence médiane (eminentia medialis).* Celle-ci continue, sur la face postérieure du bulbe, avec l'aile blanche interne ou trigone de l'hypoglosse en formant avec ce trigone ce que l'on désigne encore quelquefois sous le nom de *cordon rond (funiculus teres).* Cette éminence est limitée en dehors par un sillon longitudinal qui se continue avec un sillon semblable de la face postérieure du bulbe ; c'est le *sillon limitant* du quatrième ventricule. Dans sa partie supérieure, ce sillon s'élargit et se transforme en une petite dépression appelée la *fossette supérieure (fovea superior).* En dehors de ce sillon on rencontre l'extrémité supérieure de la région acoustique se continuant en bas avec l'aile blanche externe du myélencéphale.

Au-dessus de la fossette supérieure, se trouve une tache foncée, grisâtre, à contours mal définis appellée *locus cæruleus.*

B. **Cervelet.** Le *cervelet (cerebellum)* est une partie volumineuse de l'encéphale. Il est placé en arrière de la moelle allongée et de la protubérance annulaire, en dessous des lobes postérieurs du télencéphale dont il est séparé par un prolongement plus ou moins horizontal de la dure-mère cranienne appelé la *tente du cervelet (tentorium cerebelli),* FIG. 31. Il occupe les fosses occipitales inférieures. Il a une forme ovalaire à grand diamètre transversal et est légèrement aplati de haut en bas.

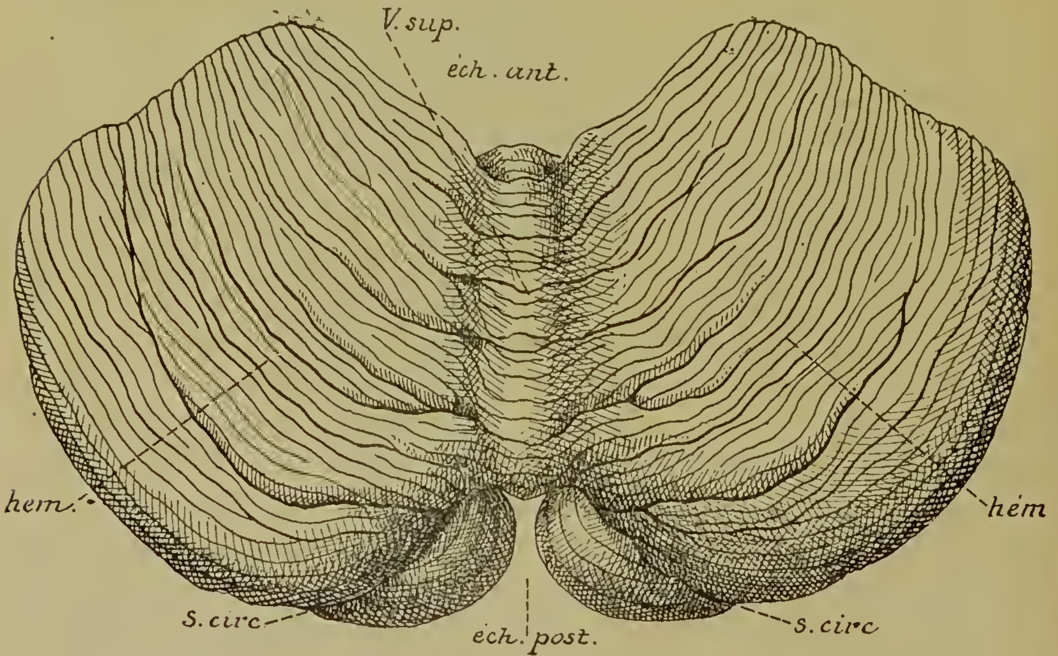


FIG. 34.

Cervelet vu par sa face supérieure. Gr. nat.

éch. ant. : Incisure antérieure.
éch. post. : Incisure postérieure.
v. sup. : Ver supérieur.
hém. : Hémisphères.
s. circ. : Partie du sillon circonférenciel.

On distingue au cervelet une face supérieure, une face inférieure et une face antérieure.

Examiné par sa face supérieure, FIG. 34, le cervelet présente une incisure profonde au milieu de son bord postérieur *(incisura cerebelli posterior)* et une incisure plus large et plus superficielle au milieu de son bord antérieur *(incisura cerebelli anterior).* Dans l'incisure postérieure s'engage un repli vertical de la dure-mère cranienne appelé la *faux du cervelet (falx cerebelli).* Par son incisure antérieure, au contraire, le cervelet correspond à la partie postérieure

du cerveau moyen. Entre ces deux incisures on trouve, sur la ligne médiane, une crête antéro-postérieure très saillante en avant et s'effaçant peu à peu en arrière. Cette crête, divisée en anneaux par un grand nombre de sillons transverses, a reçu le nom de *ver supérieur (vermis superior)*. Elle est séparée plus ou moins distinctement du reste du cervelet par deux sillons antéro-postérieurs incomplets, souvent même très peu marqués, et elle forme la face supérieure de ce qu'on appelle le *lobe médian* ou le *ver (vermis)* du cervelet.

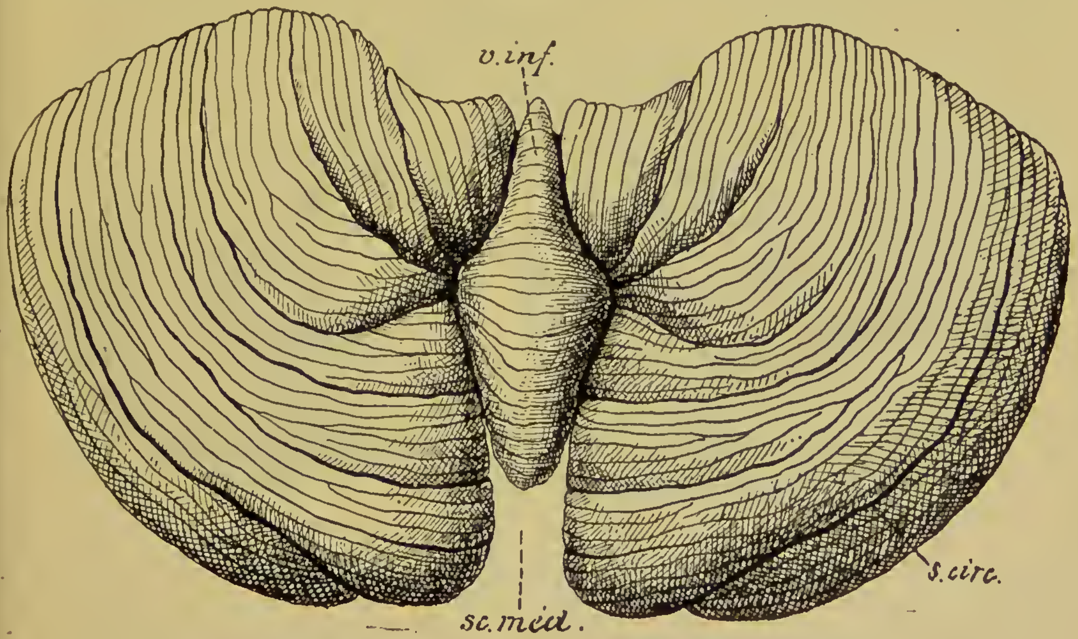


FIG. 35.

Cervelet vu par sa face inférieure. Gr. nat.
sc. méd. : Scissure médiane.
v. inf. : Ver inférieur ou face inférieure du lobe médian.
s. circ. : Partie du sillon circonférentiel.

De chaque côté du lobe médian on tombe sur la face supérieure des *hémisphères* cérébelleux. Ces hémisphères sont parcourus par un grand nombre de sillons plus ou moins profonds, concentriques à l'incisure antérieure, divisant leur surface en lobules, en lames et en lamelles. Ces sillons donnent au cervelet un aspect lamelleux.

Pour examiner le cervelet par sa face inférieure, il suffit de sectionner la moelle allongée vers sa partie inférieure.

Cette face inférieure, FIG. 35, présente sur la ligne médiane un sillon profond antéro-postérieur : la *grande scissure médiane du cervelet*. Au fond de cette scissure on tombe sur la face inférieure

du lobe médian divisé en anneaux par un grand nombre de sillons transverses, d'où le nom de *ver inférieur (vermis inferior)*. Ce lobe médian est séparé de la face inférieure des hémisphères par deux sillons antéro-postérieurs très profonds.

De chaque côté de la grande scissure médiane on trouve la face inférieure des hémisphères cérébelleux, parcourue par un grand nombre de sillons plus ou moins profonds concentriques à l'incisure antérieure. Ces sillons divisent plus ou moins distinctement cette face en lobules, en lames et en lamelles.

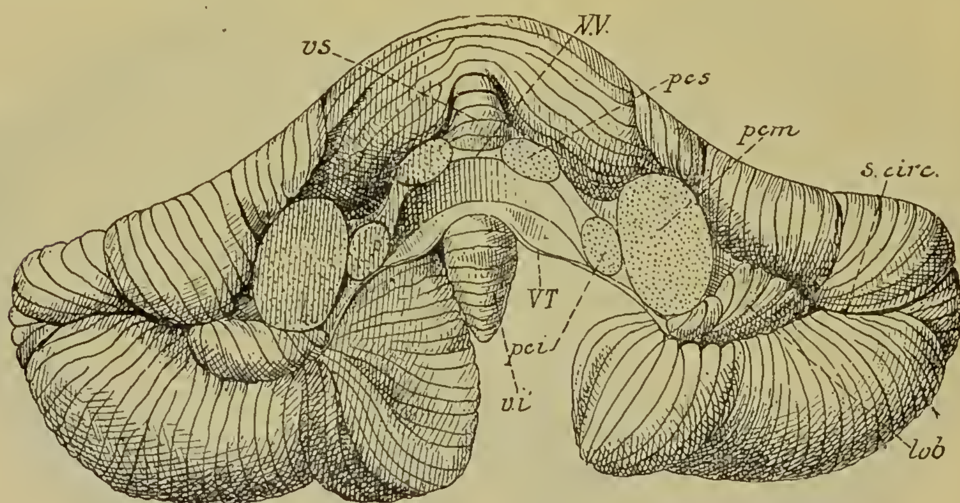


FIG. 36.

Cervelet vu par sa face antérieure. Gr. nat.

vs : Extrémité antérieure du ver supérieur.
vv : Valvule de VIEUSSENS.
pcs : Section du pédoncule cérébelleux supérieur.
vi : Extrémité antérieure du ver inférieur.
pcm : Section du pédoncule cérébelleux moyen.
pci : Section du pédoncule cérébelleux inférieur.
vt : Valvule de TARIN.
lob. : Lobule de pneumo-gastrique.
s. circ. : Sillon circonférenciel.

Les sillons les plus profonds des deux faces du cervelet ainsi que les lobules qu'ils délimitent ont reçu des noms particuliers. Mais nos connaissances de la structure et surtout des fonctions du cervelet sont encore si incomplètes que, dans l'état actuel de la science, cette division et cette nomenclature n'ont guère d'importance. Le sillon le plus profond et le plus constant c'est le *grand sillon horizontal du cervelet (sulcus horizontalis cerebelli)*, appelé encore *sillon circonférenciel de Vicq-d'Azyr*. Il commence, de chaque côté, au pédoncule cérébelleux moyen, contourne tout le cervelet en

longeant son bord postérieur et en empiétant un peu sur sa face inférieure ; ce sillon divise l'organe en un lobe supérieur et un lobe inférieur.

Pour examiner le cervelet par sa face antérieure il faut le séparer des parties voisines et, pour cela, couper de bas en haut les pédoncules cérébelleux inférieurs qui le relient à la moelle allongée et à la moelle épinière, les pédoncules cérébelleux moyens qui l'unissent à la protubérance annulaire et les pédoncules cérébelleux supérieurs qui, partant du cervelet, s'enfoncent dans le cerveau moyen.

Cette face antérieure ainsi mise à nu, FIG. 36, présente, sur la ligne médiane et de haut en bas, l'extrémité antérieure du ver supérieur, *vs,* reposant sur une mince lamelle blanche : la *valvule de Vieussens (velum medullare anterius), vv,* étendue transversalement entre les deux pédoncules cérébelleux supérieurs, *pcs.* Sous la valvule de VIEUSSENS existe une partie déprimée, une espèce de cul-de-sac du quatrième ventricule, comprise entre la valvule et l'extrémité antérieure du ver inférieur, *vi.* En dessous de celui-ci apparaît la grande scissure médiane de la face inférieure.

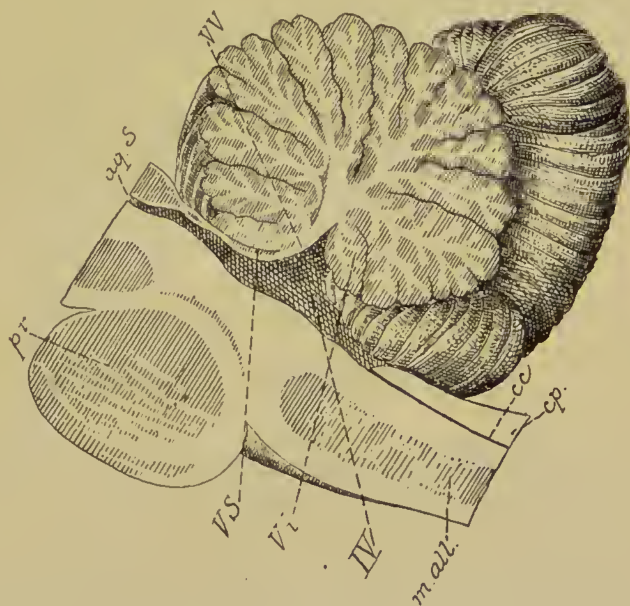


FIG. 37.

Coupe médiane à travers le rhombencéphale.
Gr. nat.

pr. : Protubérance annulaire.
m. all. : Moelle allongée.
aq. S. : Aqueduc de SYLVIUS.
VV : Valvule de VIEUSSENS.
VS : Extrémité antérieure du ver supérieur.
Vi : Extrémité antérieure du ver inférieur.
IV : Quatrième ventricule.
cc : Canal central de la moelle épinière.
cp : Cordon postérieur.

De chaque côté de la ligne médiane on trouve la surface de section des pédoncules cérébelleux supérieurs, *pcs,* des pédoncules cérébelleux inférieurs, *pci,* et des pédoncules cérébelleux moyens, *pcm.* En dehors de ce dernier pédoncule com-

mence le sillon circonférenciel de Vicq-d'Azyr, *s. circ.,* séparant le lobe supérieur du cervelet du lobe inférieur. Près du pédoncule cérébelleux moyen, ce sillon est occupé par un petit lobule du cervelet nettement séparé des parties voisines et qu'on appelle : *lobule du pneumo-gastrique (flocculus), lob.* De l'extrémité interne de ce lobule part une mince lamelle blanche qui s'étend en dedans jusqu'à l'extrémité antérieure du ver inférieur, c'est la *valvule de Tarin (velum medullare posterius).*

L'extrémité antérieure du ver supérieur, *vs,* déborde un peu en avant l'extrémité correspondante du ver inférieur, *vi.* Cette disposition se montre de la façon la plus évidente sur une coupe médiane du rhombencéphale, FIG. 37. La partie antérieure du ver supérieur repose sur une mince lamelle blanche qui se continue avec la substance blanche centrale du cervelet : la valvule de Vieussens, *vv.* En dessous d'elle on voit la saillie que forme l'extrémité antérieure du ver inférieur, et, entre celle-ci et la valvule de Vieussens, le cul-de-sac postérieur du quatrième ventricule.

L'isthme du rhombencéphale.

L'isthme du rhombencéphale est la partie de l'axe cérébro-spinal de l'adulte qui provient de la transformation de la partie supérieure de la vésicule cérébrale primitive postérieure ou *rhombencéphale.* Il est compris entre le mésencéphale qui est au-dessus et le métencéphale ou cerveau postérieur qui est situé en-dessous, FIG. 37. Cet isthme a été séparé des parties voisines et considéré comme un segment ou anneau nerveux distinct par His. Nettement séparé du métencéphale et du mésencéphale pendant les premiers temps du développement embryologique, l'isthme du rhombencéphale présente des limites peu précises chez l'adulte, FIG. 38. Chez l'embryon, cet isthme est formé d'une partie dorsale et d'une partie ventrale. La partie dorsale, constituée par la valvule de Vieussens et par les pédoncules cérébelleux supérieurs, se retrouve facilement chez l'adulte. La partie ventrale, au contraire, c'est-à-dire la partie des pédoncules cérébraux comprenant le noyau d'origine des nerfs pathétiques et le ganglion interpédonculaire, se fusionne, chez l'adulte, avec la partie correspondante du cerveau moyen; nous la décrirons avec le mésencéphale.

Il nous reste donc à étudier les *pédoncules cérébelleux supérieurs* et la *valvule de Vieussens*.

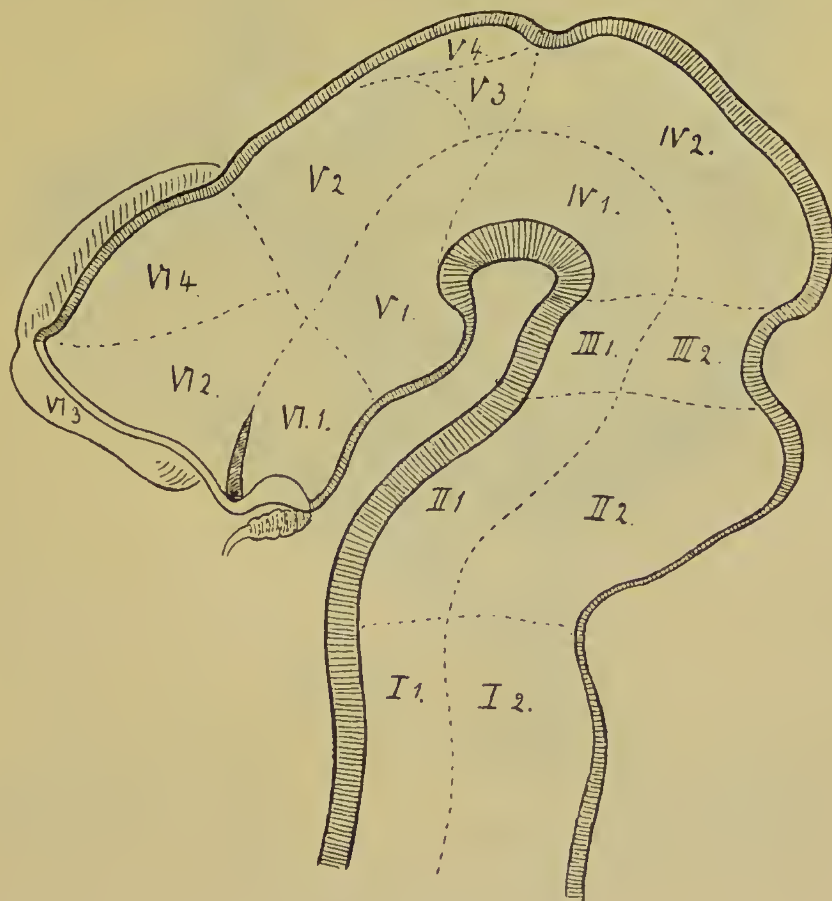


Fig. 38.

Coupe médiane de l'encéphale d'un embryon humain âgé d'environ un mois (d'après W. His).

I. **Myélencéphale :**

I_1. Partie ventrale.
I_2. Partie dorsale.

II. **Métencéphale :**

II_1. Pont de Varole.
II_2. Cervelet.

III. **Isthme du rhombencéphale :**

III_1. Pédoncules cérébraux.
III_2. Pédoncules cérébelleux supérieurs et valvule de Vieussens.

IV. **Mésencéphale :**

IV_1. Pédoncules cérébraux.
IV_2. Tubercules quadrijumeaux.

V. **Diencéphale :**

V_1. Partie mamillaire de l'hypothalamus
V_2. Thalamus.
V_3. Métathalamus.
V_4. Epithalamus.

VI. : **Télencéphale**

VI_1. Partie optique de l'hypothalamus.
VI_2. Corps strié.
VI_3. Rhinencéphale.
VI_4. Pallium.

Les *pédoncules cérébelleux supérieurs (brachia conjonctiva cerebell*
sortent des hémisphères cérébelleux sous la forme de deux cordon
blancs. Ceux-ci se dirigent obliquement en haut et en dedans en s

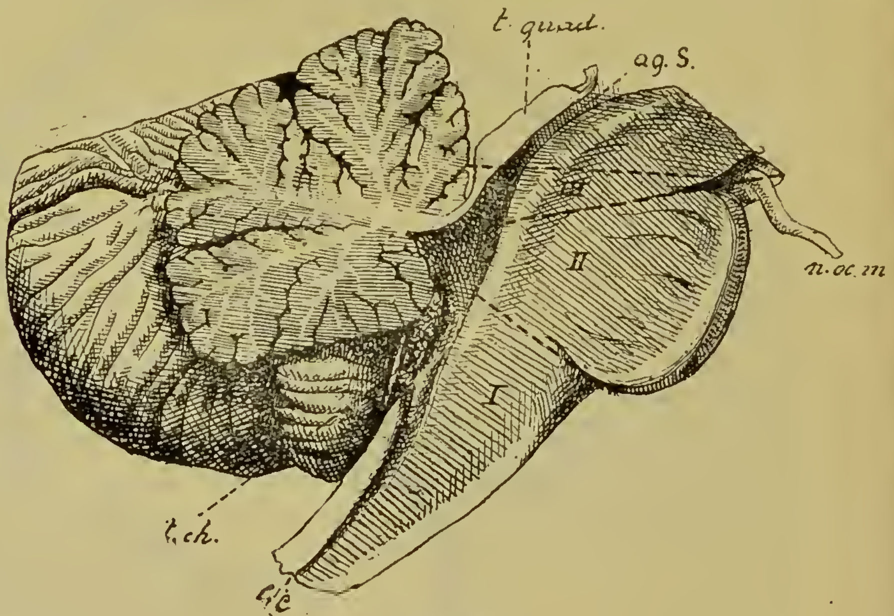


FIG. 39.

Section médiane du rhombencéphale. Gr. nat.

I : Myélencéphale.
II : Métencéphale.
III : Isthme du rhombencéphale.
cc : Canal central.
t. ch. : Toile choroïdienne.
n. oc. m. : Nerf oculo-moteur commu
aq. S. : Aqueduc de SYLVIUS.
t. quad. : Tubercules quadrijumeaux.

rapprochant insensiblement l'un de l'autre et en limitant latéralemen la partie supérieure du plancher du quatrième ventricule. Arrivés a mésencéphale, ces pédoncules s'enfoncent sous les éminences post rieures des tubercules quadrijumeaux, FIG. 40.

La *valvule de Vieussens (velum medullare anterius)* est une minc lamelle blanche, de forme triangulaire, étendue entre les deux pédo cules cérébelleux supérieurs. Sa face postérieure est recouverte pa l'extrémité antérieure du ver supérieur du cervelet, sa face antérieur forme la voûte ou le toit de la partie supérieure du quatrième ventr cule. Son extrémité supérieure arrive jusqu'au cerveau moyen et s trouve reliée à ce dernier par deux minces filets blancs étendus entr la valvule de VIEUSSENS et les éminences postérieures des tubercul quadrijumeaux; ces filets blancs sont connus sous le nom de *frein de valvule de Vieussens (frenulum veli medullaris anterioris)*. Le bord inf rieur de la valvule se continue avec la substance blanche du cervel

iédiatement au-
sus de l'extrémi-
ntérieure du ver
rieur, ses bords
raux se conti-
nt avec les pé-
cules cérébel-
x voisins.
Sur le bord laté-
de cette valvule,
s de son extré-
é supérieure, on
t sortir du tronc
ébral un mince
t nerveux : le
f *pathétique* ou
trième paire des
fs craniens, *IV*.
Les pédoncules
ébelleux supé-
rs sont séparés
pédoncules cé-
elleux moyens
un sillon oblique
se continue en
t avec le sillon
ral du mésencé-
le. De ce sillon
ique on voit sor-
une mince la-
le blanche ; cel-
i contourne de
ors en dedans
édoncule céré-
eux supérieur
r pénétrer dans
éminences pos-
eures des tu-
ules quadriju-

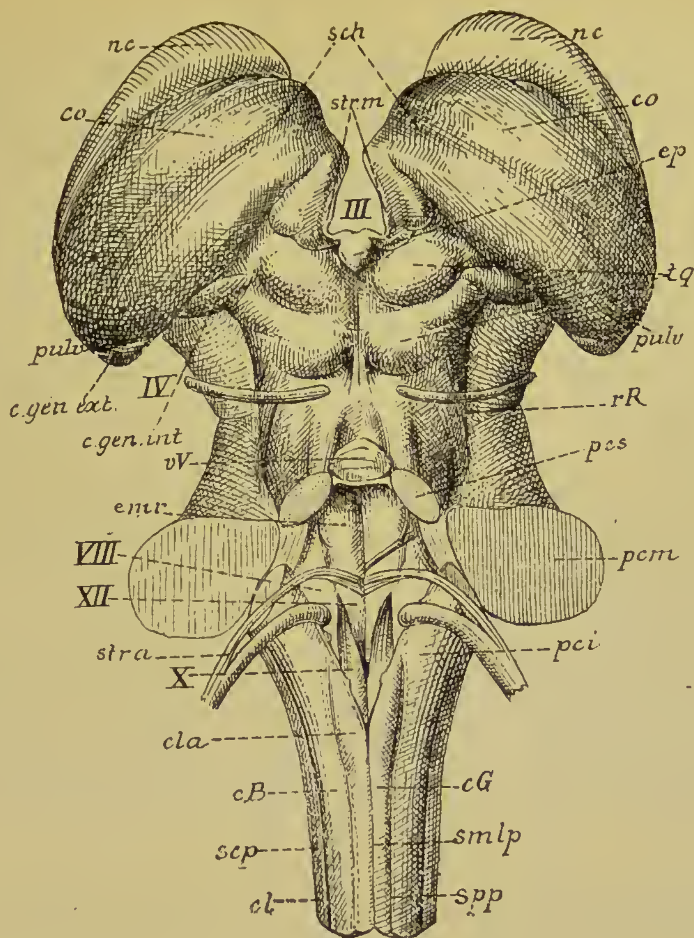


FIG. 40.
Face postérieure du tronc cérébral. Gr. nat.

smlp : Fissure médiane postérieure.
spp : Sillon paramédian postérieur.
scp : Sillon collatéral postérieur.
cG : Cordon ou faisceau de GOLL.
cB : Cordon ou faisceau de BURDACH.
cl : Cordon latéral.
cla. : Clava.
pci : Pédoncule cérébelleux inférieur.
XII : Trigone de l'hypoglosse ou aile blanche interne.
X : Trigone du vague et du glosso-pharyngien ou aile grise.
VIII : Région acoustique ou aile blanche externe.
str. a. : Stries acoustiques ou médullaires.
pcm : Pédoncule cérébelleux moyen.
emr : Eminence ronde ou médiane.
pcs : Pédoncule cérébelleux supérieur.
vV : Valvule de VIEUSSENS.
rR : Ruban de REIL.
IV : Nerf pathétique.
c.gen.int. : Corps genouillé interne.
c.gen.ext. : Corps genouillé externe.
pulv. : Pulvinar.
tq : Tubercules quadrijumeaux.
ep. : Epiphyse ou corps pinéal.
co. : Couche optique.
sch : Sillon choroïdien.
nc : Noyau caudé.
strm : Strie médullaire de la couche optique.
III : Troisième ventricule.

meaux. Elle est connue sous le nom de *ruban de Reil (lemniscus lateralis)*. Nous verrons plus tard que les fibres constitutives de ce ruban de REIL appartiennent à la *voie acoustique centrale* reliant les masses grises de la moelle allongée, dans lesquelles se terminent les fibres acoustiques périphériques, avec les masses grises des tubercules quadrijumeaux. Dans ce sillon s'enfonce encore le *toenia pontis*, mince cordon blanc qui occupe le sillon séparant la face antérieure de la protubérance annulaire des pédoncules cérébraux.

Quand on enlève la valvule de VIEUSSENS, on tombe dans la partie supérieure du quatrième ventricule dont la cavité va en se rétrécissant de bas en haut pour se continuer, au niveau des tubercules quadrijumeaux inférieurs, avec l'aqueduc de SYLVIUS du mésencéphale.

Le quatrième ventricule au niveau de l'isthme du rhombencéphale se trouve donc limité : en arrière, par la face antérieure de la valvule de VIEUSSENS ; latéralement, par la face interne des pédoncules cérébelleux supérieurs et, en avant, par la partie inférieure de la face postérieure des pédoncules cérébraux présentant l'extrémité supérieure de l'éminence ronde, la fossette supérieure et le *locus cœruleus*.

PFITZNER : *Ueber Wachsthumbeziehungen zwischen Rückenmark und Wirbelkanal;* Morphologisches Jahrbuch, Bd. 9, 1884. — W. HIS : *Vorschläge zur Eintheilung des Gehirns ;* Archiv für Anatomie und Physiologie. Anatomische Abtheilung, 1893, pp. 172-179. — W. HIS : *Die anatomische Nomenclatur ;* Ibid., 1895, Supplement Band.- RETZIUS : *Das Menschenhirn*, Stockholm, 1896.

TROISIÈME LEÇON

Le quatrième ventricule. Le cerveau moyen ou mésencéphale. Le cerveau intermédiaire ou diencéphale.

Le quatrième ventricule.

Nous avons étudié, dans la dernière leçon, la conformation extérieure du myélencéphale, du métencéphale et de l'isthme du rhombencéphale, c'est-à-dire de toutes les parties de l'axe nerveux qui proviennent de la transformation de la troisième vésicule cérébrale primitive et qui, chez l'adulte, forment la partie de l'encéphale que l'on désigne sous le nom de *rhombencéphale*.

Entre le cervelet et la valvule de VIEUSSENS d'une part, la moelle allongée, la protubérance annulaire et la partie inférieure des pédoncules cérébraux d'autre part, existe une partie élargie du canal neural primitif qui constitue le *quatrième ventricule (ventriculus quartus)* FIG. 41, *IV*. Ce ventricule se continue en avant avec l'*aqueduc de Sylvius* du cerveau moyen, *aq* ; il communique en arrière avec le canal central de la moelle épinière que nous décrirons plus tard.

On distingue au quatrième ventricule une face antérieure et un peu inférieure ou *plancher (fossa rhomboidea)* et une face postérieure et quelque peu supérieure, la *voûte* ou le *toit (tegmen ventriculi quarti)*. Le plancher du quatrième ventricule est formé par la partie de la face postérieure des pédoncules cérébraux qui appartient à l'isthme du rhombencéphale, par la face postérieure de la protubérance annulaire et une partie de la face postérieure de la moelle allongée. Le toit semble constitué uniquement par la face antérieure de la valvule de VIEUSSENS et la face antérieure du cervelet. Pour mettre le plancher à nu, il faut enlever le cervelet avec la valvule de VIEUSSENS et, pour cela, sectionner les cordons blancs qui relient cet organe aux parties voisines, à savoir : les pédoncules cérébelleux supérieurs, les pédoncules cérébelleux moyens et les pédoncules cérébelleux inférieurs.

Ainsi mis à nu, le plancher du quatrième ventricule présente une forme losangique à grand diamètre vertical, FIG. 42. On le divise en trois parties par deux lignes horizontales passant au niveau du bord supérieur et du bord inférieur des pédoncules cérébelleux moyens.

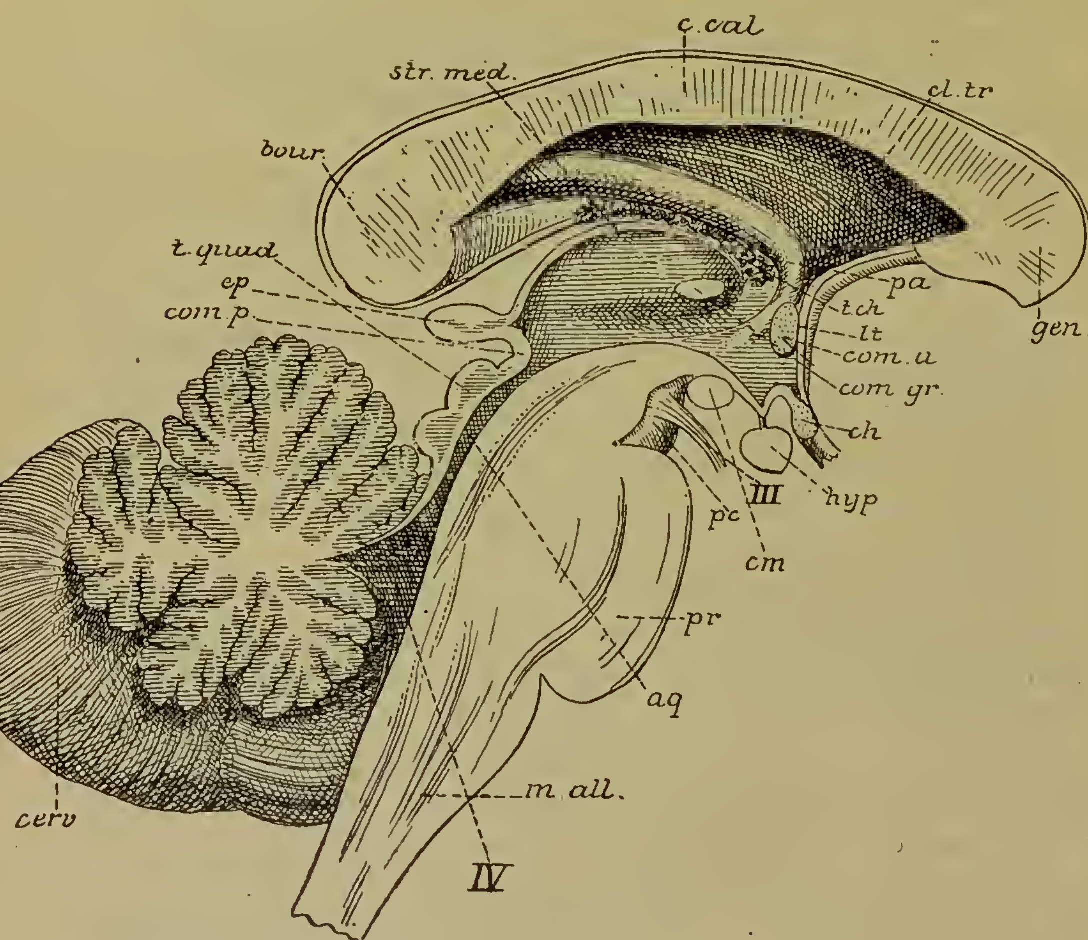


FIG. 41.

Coupe médiane du tronc cérébral. Gr. nat.

m. all. : Moelle allongée.
pr. : Protubérance annulaire.
cerv. : Cervelet.
IV : Quatrième ventricule.
aq. : Aqueduc de SYLVIUS.
t. quad. : Tubercules quadrijumeaux.
p. c. : Pédoncule cérébral.
III : Nerf oculo-moteur commun.
com. p. : Commissure postérieure.
ep. : Epiphyse ou corps pinéal.
cm : Corps mamillaires.
hyp. : Hypophyse.
ch. : Chiasma ders nerfs optiques.
com. gr. : Commissure grise.
com. a. : Commissure antérieure.
lt : Lame terminale.
t. ch. : Toile choroïdienne.
pa : Piliers antérieurs de la voûte.
gen. : Genou du corps calleux.
cl. tr. : Cloison transparente.
c. cal. : Corps calleux.
str. méd. : Strie médullaire de la couche optique.
bour. : Bourrelet du corps calleux.

La *partie supérieure du plancher (pars superior fossae rhomboideae), III,* appartient à l'isthme du rhombencéphale ; elle a une forme triangulaire à la base inférieure et se trouve limitée, de chaque côté, par le pédoncule cérébelleux supérieur, *pcs.*

La *partie moyenne* ou *partie intermédiaire du plancher (pars intermedia fossae rhomboideae), II,* correspond à la face postérieure de la protubérance annulaire ; elle a comme limite latérale la section du pédoncule cérébelleux moyen, *pcm.*

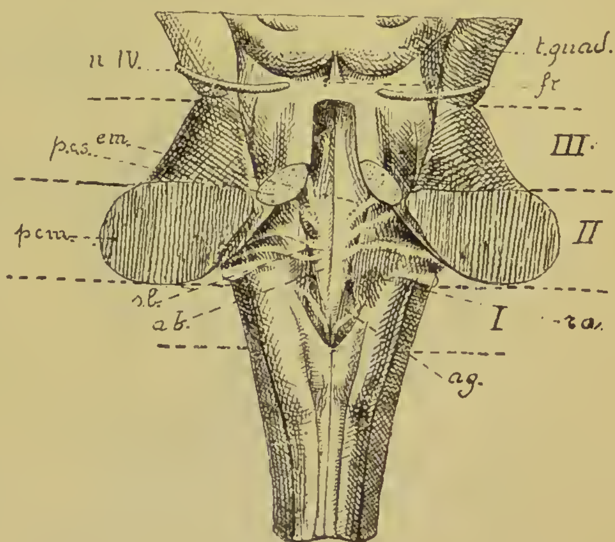


FIG. 42.

Plancher du quatrième ventricule. Gr. nat.

I : Partie inférieure.
II : Partie intermédiaire.
III : Partie supérieure.
a. b. : Aile blanche interne.
a. g. : Aile grise limitée en bas par un mince cordon blanc *(funiculus separans).*
r. a. : Région acoustique.
t. quad. : Tubercules quadrijumeaux,
s. l. : Sillon limitant.
p. c. m. : Pédoncule cérébelleux moyen.
p. c. s. : Pédoncule cérébelleux supérieur.
e. m. : Eminence médiane.
IV : Nerf pathétique.

La *partie inférieure du plancher (pars inferior fossae rhomboideae), I,* appartient à la moelle allongée ; elle a une forme triangulaire à base supérieure et elle est longée, de chaque côté, par le corps restiforme ou pédoncule cérébelleux inférieur, *pci.*

L'extrémité supérieure du plancher se continue avec l'aqueduc de SYLVIUS et l'extrémité inférieure avec le canal central de la moelle épinière.

Nous avons vu les particularités que présente ce plancher et que nous résumons en quelques mots. Sur la ligne médiane existe une fissure longitudinale correspondant à la grande diagonale du losange et s'étendant de l'angle inférieur à l'angle supérieur. A la limite de la protubérance et du bulbe, on voit les fins cordons blancs à direction transversale connus sous le nom de *stries acoustiques* ou *stries médullaires, str. a.* La partie inférieure présente de dedans en dehors : le trigone de l'hypoglosse, *a. b.*, le sillon limitant avec la fossette inférieure, *s. l.*, le trigone du vague et du glosso-pharyngien, *a. g.*, limité

en haut par la partie inférieure de la région acoustique *(area acustica)*, *r. a.*, et, en bas, par le *funiculus separans* et l'*area postrema* de RETZIUS. Au niveau de la partie intermédiaire et de la partie supérieure on trouve les éminences rondes ou éminences médianes, *em.*, le sillon limitant avec la fossette supérieure, la partie supérieure de la région acoustique et le *locus cœruleus.*



FIG. 43.

Coupe médiane à travers la tête d'un embryon de poulet de 4 ½ jours (d'après MIHALKOVICS).

Grossie 14 fois.

I : Cerveau terminal, dont la cavité va devenir celle des deux ventricules latéraux.

II : Cerveau intermédiaire avec le troisième ventricule et l'épiphyse.

III : Cerveau moyen avec l'aqueduc de Sylvius.

IV : Cerveau postérieur comprenant l'isthme du rhombencéphale et le métencéphale : la partie ventrale va devenir la protubérance annulaire, la partie dorsale se transformera en valvule de VIEUSSENS et en cervelet.

V : Myélencéphale dont la partie ventrale se transformera en moelle allongée, tandis que la partie dorsale, considérablement amincie et réduite à l'épithélium épendymaire, formera le revêtement épithélial de la toile choroïdienne. La cavité commune à toutes les parties provenant du *rhombencéphale* devient le quatrième ventricule.

Dans la partie supérieure, au niveau de l'isthme du rhombencéphale, le *toit* du quatrième ventricule est formé par la face antérieure de la *valvule de Vieussens, vV,* FIG. 41.

Comme voûte de la partie intermédiaire et de la partie inférieure du quatrième ventricule on trouve, entre la face antérieure du cervelet et la face postérieure de la protubérance annulaire unie à la face postérieure de la moelle allongée, en soulevant doucement le bord postérieur du cervelet, une membrane triangulaire à base supérieure et à sommet inférieur appelée la *toile choroïdienne* du quatrième ventricule (*tela chorioidea ventriculi quarti*) FIG. 47. Cette membrane est une dépendance de la *pie-mère*, enveloppe conjonctive recouvrant intimement la face externe de tout l'axe cérébro-spinal. La face profonde de cette membrane triangulaire est tapissée par un revêtement épithélial (*lamina chorioidea épithelialis*) qui représente la partie amincie du toit primitif et qui fait suite : en avant, à l'extrémité antérieure du ver inférieur et au bord antérieur libre de la valvule de TARIN ; latéralement, à l'épithélium qui recouvre

les bords internes libres des pédoncules cérébelleux inférieurs ; en arrière, à l'épithélium du canal central de la moelle épinière.

Pour bien faire comprendre la constitution de cette voûte, rappelons que le quatrième ventricule n'est, embryologiquement,

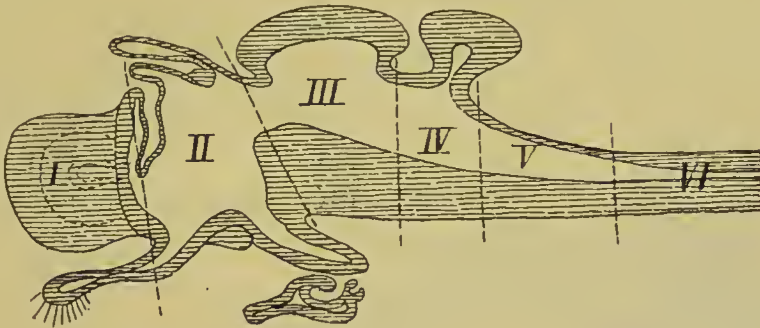


FIG. 44.

Coupe schématique de l'encéphale d'un vertébré (d'après EDINGER).

I : Télencéphale.
II : Diencéphale avec le nerf optique et l'hypophyse en bas, la toile choroïdienne, la commissure postérieure et l'épiphyse en haut.
III : Mésencéphale.
IV : Cerveau postérieur comprenant l'isthme du rhombencéphale et le métencéphale.
V : Myélencéphale.
VI : Partie de la moelle épinière.

qu'une partie élargie du canal neural primitif, FIG. 43. Au niveau du métencéphale, la paroi postérieure de cette partie élargie s'épaissit considérablement et se transforme en cervelet, FIG. 44 et 45.

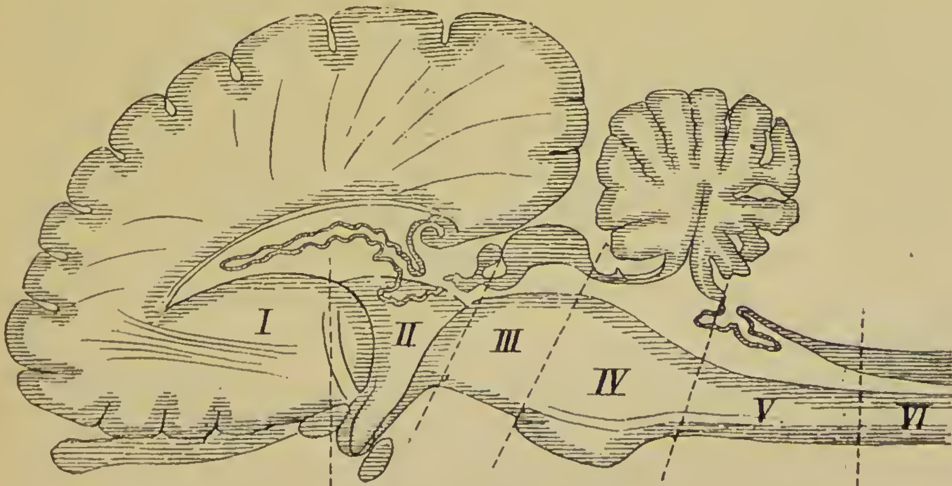


FIG. 45.

Coupe schématique de l'encéphale d'un mammifère (d'après EDINGER).

I : Télencéphale.
II : Diencéphale.
III : Mésencéphale.
IV : Cerveau postérieur comprenant l'isthme du rhombencéphale et le métencéphale.
V : Myélencéphale.
VI : Partie cervicale de la moelle épinière.

La valvule de VIEUSSENS représente la paroi postérieure de ce canal au niveau de l'isthme du rhombencéphale. Le long de la partie supérieure de la moelle allongée, la voûte primitive s'amincit, au contraire, considérablement et prend le nom de *membrane obturatrice* qui lui a été donné par KÖLLIKER.

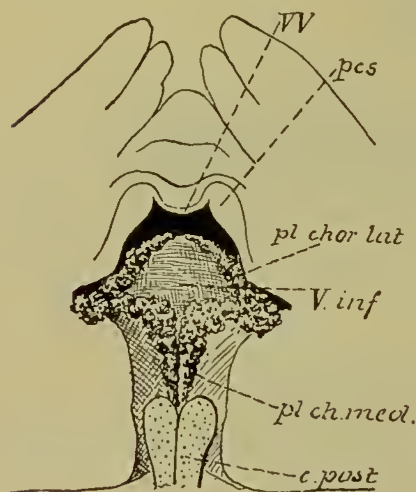


FIG. 46.
Toile choroïdienne du quatrième ventricule vue par sa face inférieure.
Gr. nat.

vV : Valvule de VIEUSSENS.
pcs : Pédoncules cérébelleux supérieurs.
V. inf. : Extrémité antérieure du ver inférieur.
pl. chor. lat. : Plexus choroïde latéral.
pl. ch. méd. : Plexus choroïde médian.
c. post. : Cordons postérieurs légèrement entamés.

Réduite, sur la ligne médiane, au simple revêtement épithélial qui tapisse toute l'étendue du canal central, cette voûte est plus épaisse sur les côtés où elle se continue insensiblement avec les parties latérales du bulbe. C'est cette partie épaissie qui persiste, quand on enlève la toile, et qui constitue ce que l'on désigne sous les noms de *obex* et de *tænia*, *ligula* ou *ponticulus*. Cette voûte amincie est recouverte par la pie-mère. Celle-ci, en se développant, repousse devant elle la membrane obturatrice dans la cavité ventriculaire jusqu'au niveau des stries acoustiques, FIG. 44. C'est cette partie réfléchie de la pie-mère, recouverte par l'épithélium du canal central ou *épithélium épendymaire*, qui constitue la *toile choroïdienne*. Dans l'épaisseur de la pie-mère se développe, de chaque côté de la ligne médiane, une série de houppes vasculaires formées d'artérioles pelotonnées qui forment les *plexus choroïdes médians*, FIG. 46, *pl. ch. méd.* Arrivés près du bord antérieur de la toile choroïdienne, ces deux plexus s'écartent transversalement l'un de l'autre, sortent du quatrième ventricule par les trous de LUSCHKA et s'étendent jusqu'en dessous du lobule du pneumo-gastrique du cervelet, entre ce lobule et les fibres radiculaires du nerf pneumo-gastrique. Là, ils deviennent apparents sur la face antérieure du tronc cérébral et se réunissent avec d'autres houppes vasculaires qui longent le bord antérieur de la toile. Cette double série transversale de houppes vasculaires constitue, de chaque côté, le *plexus choroïde latéral*, *pl. ch. lat.*, FIG. 46.

Le quatrième ventricule, interposé entre l'aqueduc de SYLVIUS et le canal central de la moelle épinière, constitue primitivement une cavité close sans communication avec les espaces sous-arachnoïdiens. Après la naissance il n'en est plus ainsi. Quand on écarte doucement la moelle allongée de la face antérieure du cervelet, en détruisant les quelques filaments conjonctifs étendus entre ces deux organes, on voit que la toile choroïdienne, qui ferme en arrière le quatrième ventricule, est percée d'un orifice assez étendu et à contours irréguliers, FIG. 47 ; c'est le *trou de Magendie (foramen Magendii* ou *apertura medialis ventriculi quarti)* qui fait communiquer le quatrième ventricule avec le *confluent sous-arachnoïdien postérieur*, cavité sous-arachnoïdienne comprise à ce niveau entre l'arachnoïde et la pie-mère. Un autre orifice existe, au niveau de chaque angle latéral du ventricule, en dessous du bord inférieur du pédoncule cérébelleux moyen : c'est le trou de LUSCHKA *(apertura lateralis ventriculi quarti)*; il donne passage à une partie des plexus choroïdes latéraux et il fait communiquer également le quatrième ventricule avec les cavités sous-arachnoïdiennes (KEY et RETZIUS).

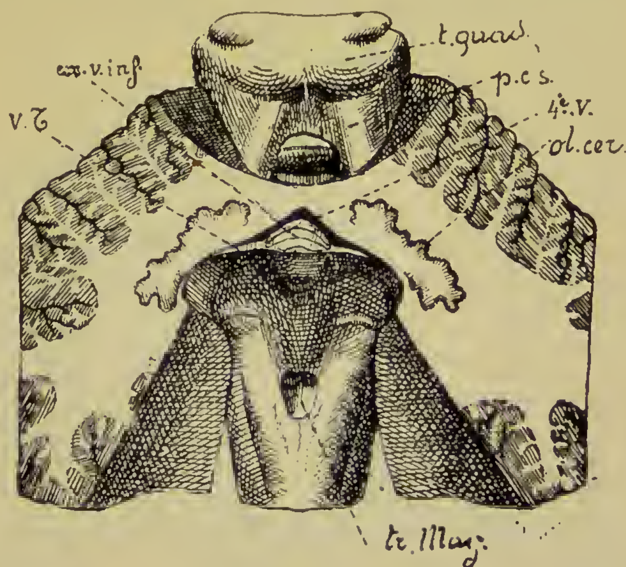


FIG. 47.

Vue de la face postérieure de la moelle allongée recouverte par la toile choroïdienne. Gr. nat.

t. quad. : Tubercules quadrijumeaux.
p. c. s. : Pédoncules cérébelleux supérieurs.
ol. cér. : Olive cérébelleuse.
4e v. : Quatrième ventricule.
ex. v. inf. : Extrémité antérieure du ver inférieur.
v. T. : Valvule de TARIN.
tr. M. : Trou de MAGENDIE.

L'existence normale du trou de MAGENDIE et des trous de LUSCHKA a été prouvée, en 1876, par les recherches de KEY et de RETZIUS et confirmée, en 1886, par HESS. Tout récemment RETZIUS est revenu sur ce point : sur 100 cerveaux d'adultes examinés à cet effet il n'a constaté que deux fois l'absence complète du trou de MAGENDIE. L'aspect de cet orifice varie d'un cerveau à l'autre tant pour sa forme que pour son étendue. RETZIUS pense que cet orifice de la toile choroïdienne se

forme de bonne heure. Il a constaté son existence déjà au commencement du quatrième mois de la vie intra-utérine. Dans des recherches plus récentes encore, Cannieu arrive à des conclusions toutes différentes. Pour lui, le trou de Magendie et les trous de Luschka n'existent pas ni chez l'homme, ni chez les autres vertébrés.

Nous avons déjà dit que le cervelet est relié aux parties voisines du tronc cérébral par trois paires de cordons blancs appelés *pédoncules*.

Les *pédoncules cérébelleux inférieurs* ou *corps restiformes* viennent de la moelle épinière et du bulbe. Macroscopiquement ils semblent représenter la continuation des cordons postérieurs de la moelle épinière. Nous avons vu que ces cordons s'écartent l'un de l'autre au niveau de l'extrémité inférieure du plancher du quatrième ventricule, qu'ils limitent la partie inférieure de ce plancher, puis s'enfoncent dans le cervelet. Pour les rendre apparents il suffit de soulever un peu en haut le bord postérieur du cervelet et d'enlever la toile choroïdienne du quatrième ventricule.

Les *pédoncules cérébelleux moyens* appelés encore *bras du pont (brachia pontis)* relient les hémisphères du cervelet à la protubérance annulaire. Ils apparaissent nettement sur une vue latérale du tronc cérébral.

Les *pédoncules cérébelleux supérieurs (brachia conjunctiva cerebelli)* unissent le cervelet au cerveau moyen. Ce sont deux cordons blancs qui sortent de l'incisure antérieure du cervelet, un peu au-dessus des pédoncules cérébelleux moyens. Ils se dirigent alors en haut et en dedans, se rapprochent insensiblement l'un de l'autre et forment les limites latérales de la partie supérieure du plancher du quatrième ventricule. Ils sont unis l'un à l'autre par la valvule de Vieussens. Arrivés au cerveau moyen, ils s'enfoncent sous les éminences postérieures des tubercules quadrijumeaux. Pour les voir, il suffit de relever un peu en arrière l'extrémité antérieure du ver supérieur du cervelet, ou mieux d'enlever le cervelet en sectionnant les trois paires de pédoncules.

Le mésencéphale.

Le cerveau moyen ou mésencéphale est la partie de l'encéphale comprise entre le cerveau intermédiaire ou diencéphale placé en haut

et en avant et l'isthme du rhombencéphale situé en bas et un peu en arrière. Il provient de la transformation de la deuxième vésicule cérébrale primitive. On le désigne encore sous le nom de région des pédoncules cérébraux et des tubercules quadrijumeaux.

Quand on examine un tronc cérébral par sa face antérieure, FIG. 48, on voit, au-dessus de la protubérance annulaire, deux cordons blancs larges et volumineux sortir de cette protubérance, un peu en arrière de son bord supérieur. Ils se dirigent obliquement en haut, en avant et en dehors en s'écartant angulairement l'un de l'autre et, après

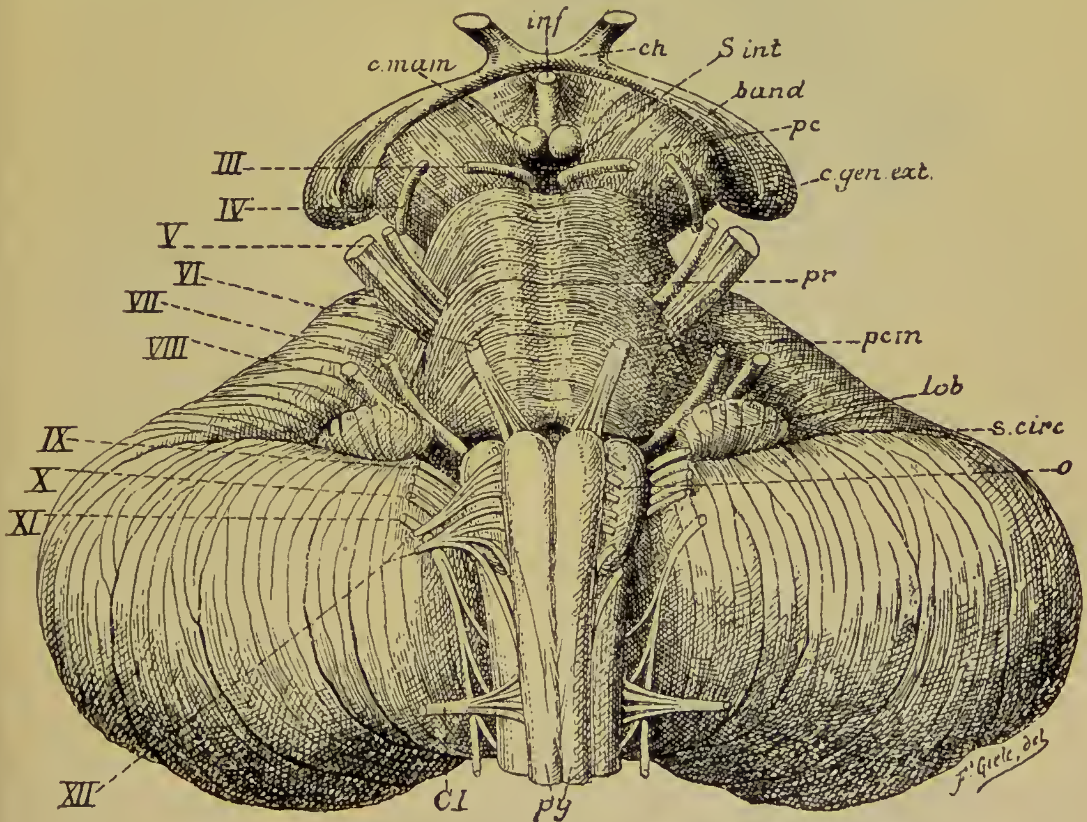


FIG. 48.

Face antérieure du tronc cérébral. Gr. nat.

c. mam. : Corps mamillaires.
inf. : Tige pituitaire.
ch. : Chiasma des nerfs optiques.
s. int. : Substance interpédonculaire
band. : Bandelette optique.
pc : Pédoncule cérébral.
c. gen. ext. : Corps genouillé externe.
pr. : Protubérance annulaire.
pcm : Pédoncule cérébelleux moyen.
lob. : Lobule du pneumo-gastrique (flocculus).
s. circ. : Sillon circonférenciel.
o. : Olive.
py. : Pyramides.
CI : Racine antérieure du premier nerf cervical.
III à *XII.* : Origine des dix dernières paires de nerfs craniens.

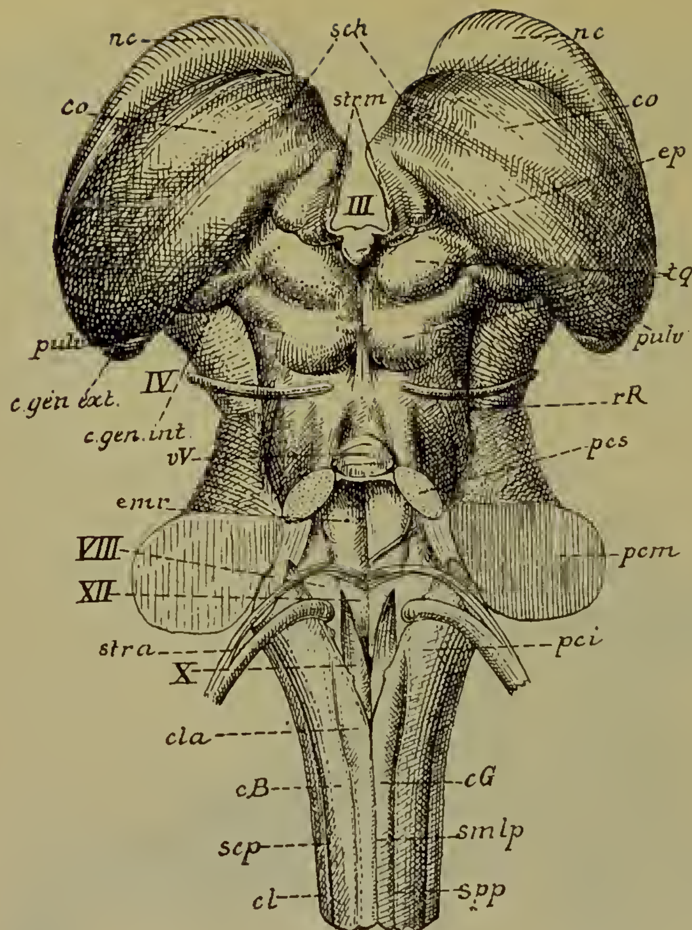


FIG. 40.

Face postérieure du tronc cérébral. Gr. nat.

smlp : Fissure médiane postérieure.
spp : Sillon paramédian postérieur.
scp : Sillon collatéral postérieur.
cG : Cordon ou faisceau de Goll
cB : Cordon ou faisceau de Burdach.
cl : Cordon latéral.
cla. : Clava.
pci : Pédoncule cérébelleux inférieur.
XII : Trigone de l'hypoglosse ou aile blanche interne.
X : Trigone du vague et du glosso-pharyngien ou aile grise.
VIII : Région acoustique ou aile blanche externe.
str. a. : Stries acoustiques ou médullaires.
pcm : Pédoncule cérébelleux moyen.
emr : Eminence ronde ou médiane.
pcs : Pédoncule cérébelleux supérieur.
vV : Valvule de Vieussens.
rR : Ruban de Reil.
IV : Nerf pathétique.
c. gen. int. : Corps genouillé interne.
c. gen. ext. : Corps genouillé externe.
pulv. : Pulvinar.
tq : Tubercules quadrijumeaux.
ep. : Epiphyse ou corps pinéal.
co. : Couche optique.
sch : Sillon choroïdien.
nc : Noyau caudé.
strm : Strie médullaire de la couche optique.
III : Troisième ventricule.

un trajet d'environ 15 millim., ils disparaissent à la face inférieure du diencéphale uni au télencéphale. Ces cordons blancs portent le nom de *pédoncules cérébraux (pedunculi cerebri), pc.*

Les pédoncules cérébraux laissent entre eux un espace triangulaire à base supérieure nommé *espace, trigone* ou *fosse interpédonculaire (fossa interpeduncularis)*. Cette fosse est fermée par une lame de substance grise formant une partie du plancher du troisième ventricule appartenant au cerveau intermédiaire. Cette lame grise, traversée par un grand nombre d'orifices pour le passage des vaisseaux sanguins, porte le nom de *lame* ou *substance perforée postérieure (substantia perforata posterior), S. int.*

Au point de réunion de la face interne du pédoncule cérébral avec la substance perforée postérieure existe un sillon longitudinal *(sulcus nervi oculomotorii)* d'où sortent un grand nombre de filets radiculaires qui se réunissent bientôt pour former le tronc du *nerf oculo-moteur commun, III.*

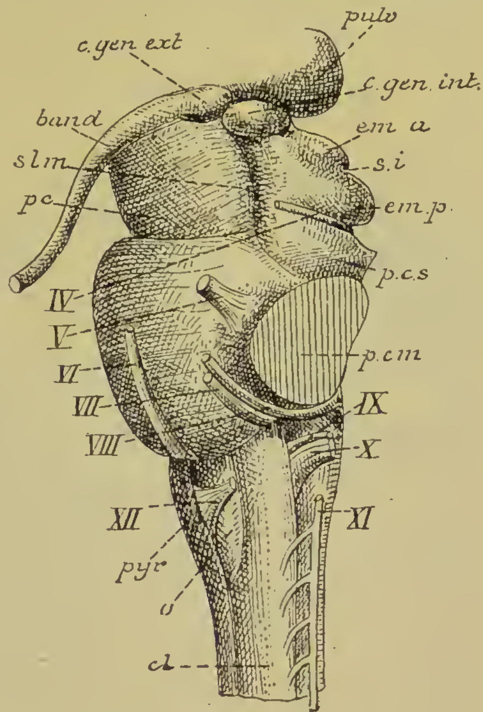


FIG. 50.

Tronc cérébral vu par sa face latérale. Gr. nat.

cl : Cordon latéral.
pyr. : Pyramide antérieure.
XII : Filets radiculaires du nerf hypoglosse.
o. : Olive.
XI, X, IX : Filets radiculaires du nerf accessoire ou spinal, du nerf pneumo-gastrique et du nerf glosso-pharyngien.
VIII : Nerf acoustique.
VII : Nerf facial.
VI : Nerf oculo-moteur externe.
V : Nerf trijumeau.
pcm : Pédoncule cérébelleux moyen.
pcs : Pédoncule cérébelleux supérieur.
emp : Eminences postérieures.
ema : Eminences antérieures des tubercules quadrijumeaux.
si : Sillon interbrachial.
c. gen. int. : Corps genouillé interne.
pulv. : Pulvinar.
c. gen. ext. : Corps genouillé externe.
band. : Bandelette optique.
slm : Sillon latéral du mésencéphale.
pc : Pédoncule cérébral.

Examiné par sa face postérieure, FIG. 49, le tronc cérébral présente immédiatement au-dessus de l'incisure antérieure du cervelet quatre éminences arrondies en forme de mamelons, deux supérieures et deux inférieures, qui constituent les *tubercules quadrijumeaux (corpora quadrijemina), t. quad.* Les éminences inférieures sont un peu plus petites que les supérieures. Elles sont séparées l'une de l'autre par un sillon crucial : le sillon antéro-postérieur commence par une partie élargie au-devant des tubercules supérieurs, en dessous d'un petit prolongement appartenant au cerveau intermédiaire et appelé la *glande pinéale*, le *corps pinéal* ou *épiphyse*, *ep.;* il se termine en dessous des tubercules inférieurs sur la face postérieure de la valvule de VIEUSSENS. Dans sa partie inférieure, ce sillon est limité de chaque côté par un mince cordon blanc étendu entre les éminences inférieures et la valvule; c'est le *frein de la valvule de Vieussens* que nous avons signalé en décrivant l'isthme du rhombencéphale.

Le sillon transverse sépare les éminences supérieures des éminences inférieures.

De chacun des quatre tubercules part un faisceau blanc qui se dirige en avant et en dehors : ce faisceau porte le nom de *bras* des tubercules quadrijumeaux. Le sillon transverse se prolonge latéralement entre les deux bras et prend le nom de *sillon interbrachial.*

Vu par sa face latérale, FIG. 50, le tronc cérébral présente, au niveau du cerveau moyen, un sillon profond longitudinal : le *sillon latéral du mésencéphale (sulcus lateralis), slm,* séparant la région des tubercules quadrijumeaux de celle des pédoncules cérébraux, *pc.*

Au devant de ce sillon on voit la face externe du pédoncule cérébral ; derrière ce sillon apparaissent les bras des tubercules quadrijumeaux avec le sillon interbrachial, *si.*

Le sillon interbrachial s'arrête au niveau d'une saillie fusiforme d'environ un centimètre de longueur et appartenant au diencéphale : le *corps genouillé interne (corpus geniculatum mediale), c. g. int.* Une partie des fibres du bras postérieur des tubercules quadrijumeaux *(brachium quadrigeminum inferius)* pénètre dans ce corps genouillé interne, les autres s'enfoncent dans le sillon latéral du mésencéphale. Le bras antérieur des mêmes tubercules *(brachium quadrigeminum superius)* peut se poursuivre jusque en dessous de la bandelette optique. En dessous du bras postérieur des tubercules quadrijumeaux, le sillon latéral du mésencéphale se continue avec le sillon longitudinal qui sépare le pédoncule cérébelleux moyen du pédoncule cérébelleux supérieur.

Nous verrons plus tard, en étudiant les coupes transversales, que le mésencéphale est traversé, dans toute sa longueur, par une partie rétrécie du canal neural primitif à laquelle on a donné le nom de *aqueduc cérébral* ou *aqueduc de Sylvius (aqueductus cerebri* ou *Sylvii).* Cet aqueduc de SYLVIUS communique en haut avec le ventricule médian du cerveau intermédiaire et se continue en bas avec l'extrémité supérieure du quatrième ventricule, FIG. 51, *aq.* Il relie ainsi les deux ventricules l'un à l'autre. Il représente lui-même une cavité fusiforme, élargie au milieu et rétrécie à ses deux extrémités. RETZIUS a proposé de lui donner pour ce motif le nom de *ventricule du mésencéphale.*

Le diencéphale.

Le cerveau intermédiaire ou diencéphale est la partie de l'axe cérébro-spinal comprise entre le cerveau moyen et le cerveau

terminal. Il provient de la transformation de la partie postérieure de la première vésicule cérébrale primitive. Chez l'adulte ses limites ne sont guère précises. Il se confond en bas avec le mésencéphale, tandis qu'en avant il se fusionne intimement avec les parties constitutives du télencéphale. Il comprend les couches optiques, les

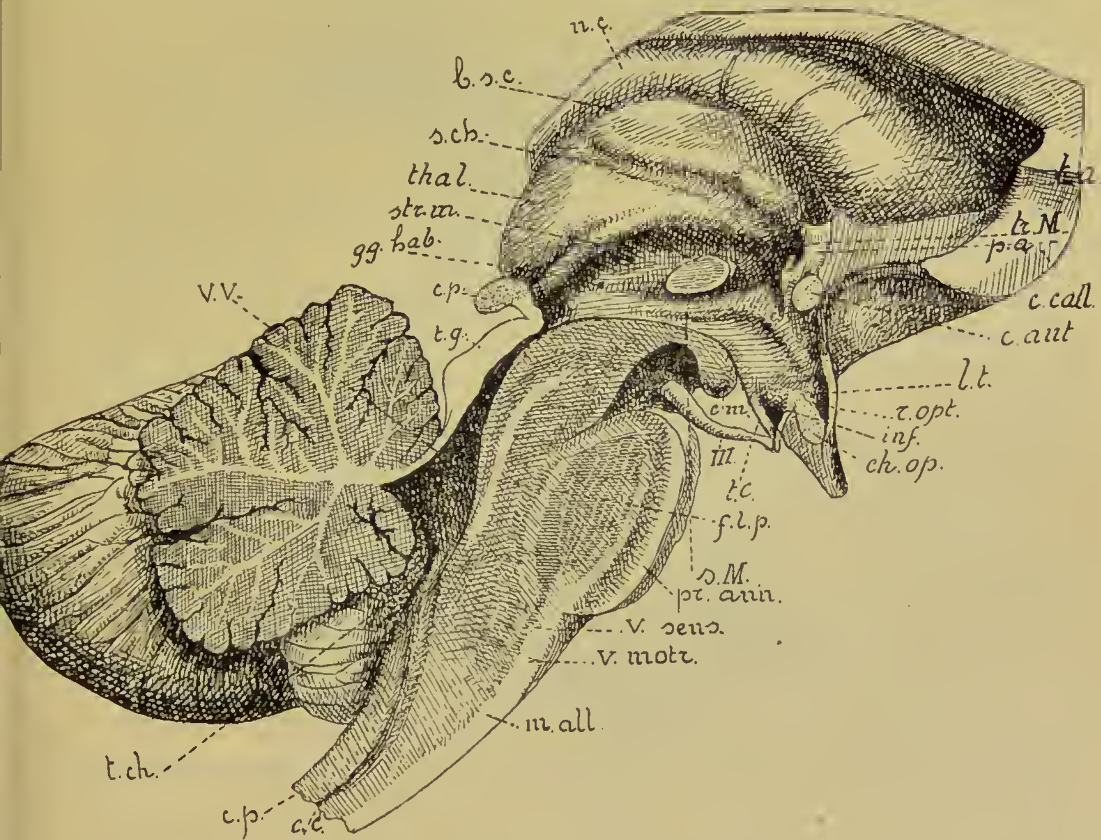


FIG. 51.

Section médiane du tronc cérébral. Gr. nat.

Nc : Noyau coudé.
B. c. : Bandelette semi-circulaire.
S. ch. : Sillon choroïdien.
thal. : Thalamus.
str. m. : Strie médullaire.
gg. hab. : Ganglion de l'habénula.
C. p. : Corps pinéal.
t. q. : Tubercules quadrijumeaux.
VV : Valvule de VIEUSSENS.
t. ch. : Toile choroïdienne.
c. p. : Cordon postérieur.
c. c. : Canal central.
m. al. : Moelle allongée.
v. motr. : Voie motrice.
v. sens. : Voie sensitive.
pr. ann. : Protubérance annulaire.
s. m. : Sillon de Monro.
f. l. p. : Faisceau longitudinal postérieur.
III : Nerf oculo-moteur commun.
c. m. : Corps mamillaires.
t. c. : Tubercule cendré.
ch. opt. : Chiasma optique.
inf. : Récessus de l'infundibulum.
r. opt. : Récessus optique.
l. t. : Lame terminale.
c. ant. : Commissure antérieure.
c. call. : Corps calleux.
p. ant. : Pilier antérieur du trigone.
tr. M. : Trou de Monro.
t. ant. : Tubercule antérieur de la couche optique.

corps genouillés, les bandelettes optiques, les corps mamillaires, le tubercule cendré, le corps pinéal, l'habénula et le troisième ventricule.

Sur la face latérale de la cavité ventriculaire du diencéphale se trouve un sillon à direction antéro-postérieure : le *sillon de Monro* ou *sillon hypothalamique, s. M.* Il commence au niveau de l'orifice supérieur de l'aqueduc de Sylvius et s'étend jusque dans le récessus optique. Ce sillon représente la partie du *sillon limitant des ventricules* qui appartient au diencéphale et au télencéphale. Nous avons vu que, d'après les recherches de His, ce sillon limitant existe sur toute la longueur de l'encéphale et qu'il sépare chacun des six segments nerveux de l'encéphale en une partie ventrale et une partie dorsale. La partie de l'axe nerveux placée en dessous du sillon de Monro appartient à la fois au diencéphale et au télencéphale ; on la désigne sous le nom de *hypothalamus* ou *région sous-thalamique.* La partie située au-dessus du sillon Monro appartient au diencéphale seul ; on la désigne sous le nom de *thalamencéphale.*

Thalamencéphale. Le thalamencéphale est formé de trois parties : le *thalamus* ou *couche optique*, le *métathalamus* ou *corps genouillés* et l'*épithalamus* comprenant le *corps pinéal* et l'*habénula* avec les parties immédiatement voisines.

Le **thalamus** ou *couche optique* forme la partie principale du cerveau intermédiaire. On donne le nom de couches optiques à deux noyaux volumineux formés de substance grise. On les appelle aussi *ganglions gris.*

Lorsque nous étudierons, dans les leçons ultérieures, la structure interne de l'axe cérébro-spinal, nous verrons que tout le système nerveux central est formé de deux substances macroscopiquement et microscopiquement différentes : la *substance grise* et la *substance blanche.* La substance blanche est formée principalement de fibres nerveuses ; c'est l'élément conducteur. La substance grise, au contraire, est formée à la fois de fibres nerveuses et de cellules nerveuses ; les cellules nerveuses forment cependant sa partie essentielle ; elles constituent l'élément principal, l'élément le plus important de tout le système nerveux. Les couches optiques étant des ganglions gris sont donc constituées essentiellement de cellules nerveuses.

Elles se présentent sous la forme de deux corps massifs, allongés, à grand diamètre antéro-postérieur, situés près de la base du cerveau,

FIG. 52. Avec les noyaux lenticulaires et les noyaux caudés, ganglions gris qui appartiennent au cerveau terminal, les couches optiques forment ce qu'on appelle communément les *ganglions de la base.*

Chaque couche optique présente à examiner une face supérieure,

FIG. 52.

Le tronc cérébral vu par le haut, aprés enlèvement du corps calleux, de la voûte à trois piliers et de la toile choroïdienne. Gr. nat.

c. cal. : Coupe du genou du corps calleux.
cl. tr. : Cloison transparente.
vl : Ventricule latéral.
tnc : Tête du noyau caudé.
p. ant. : Section des piliers antérieurs de la voûte.
ta : Tubercule antérieure de la couche optique.
bsc : Bandelette semi-circulaire.
cnc : Corps du noyau caudé.
III : Troisième ventricule.
str. méd. : Strie médullaire de la couche optique.
c. opt. : Couche optique.
s. ch. : Sillon choroïdien.
qnc : Queue du noyau caudé.
pul. : Pulvinar.
pcm : Pédoncule cérébelleux moyen.
vv : Valvule de VIEUSSENS.
t. quad. : Tubercules quadrijumeaux.
pcs : Pédoncule cérébelleux supérieur.
comp. p. : Commissure postérieure.
c. gr. : Commissure grise.

une face inférieure, une face externe, une face interne et deux extrémités.

La face supérieure est libre; elle est divisée, par un sillon oblique appelé *sillon choroïdien*, *sch*, en une partie externe appartenant au plancher du ventricule latéral et une partie interne contribuant à limiter le ventricule médian. Nous verrons plus tard que c'est dans ce sillon choroïdien que le bord externe de la toile choroïdienne avec le plexus choroïde latéral se continue avec l'épithélium épendymaire des cavités ventriculaires, FIG. 53.

La face interne est libre aussi. Elle limite, avec la face interne de la couche optique du côté opposé, une partie élargie du canal médullaire primitif constituant le *ventricule médian* ou le *troisième ventricule (ventriculus tertius)*. Cette surface est grise. Entre les deux couches optiques est tendue une mince lamelle grise également qu'on appelle la *commissure grise*, *commissure molle* ou *commissure moyenne*, FIG 52, *c. gr.* Cette commissure traverse la partie moyenne du ventricule médian.

La face externe répond, en haut, à la partie moyenne ou corps du noyau caudé ; en bas, elle est séparée du noyau lenticulaire par une masse de substance blanche qui constitue le bras postérieur de la *capsule interne, cap. int.*, FIG. 53.

La face inférieure répond aux parties constitutives de la région sous-thalamique et, par là, au pédoncule cérébral.

Les couches optiques sont amincies en avant, élles s'élargissent considérablement en arrière, puis se rétrécissent brusquement, se recourbent en bas, en avant et en dedans pour se continuer avec les bandelettes optiques. A l'endroit le plus rétréci elles présentent un petit renflement fusiforme qu'on appelle le *corps genouillé externe (corpus geniculatum laterale)*.

Chaque couche optique, avec la bandelette optique correspondante, décrit une anse à concavité antérieure, FIG. 54, embrassant l'extrémité supérieure du pédoncule cérébral. C'est par la concavité de cette anse que passent les fibres nerveuses qui doivent relier le pédoncule cérébral au cerveau terminal.

Nous avons vu que la face supérieure de chaque couche optique est libre ; cette face est blanche parce qu'elle est recouverte par une mince couche de fibres myéliniques. Elle est séparée en dedans de la face grise interne par un bord tranchant. Au niveau de ce bord, on trouve un cordon blanc qui s'épaissit d'avant en arrière

et qu'on appelle *strie médullaire de la couche optique (stria medullaris)* ou *habénula, str. méd.* Cette strie est légèrement renflée en arrière. Cette partie renflée porte le nom de *ganglion de l'habénula.* La face supérieure de la couche optique est limitée en dehors par un sillon

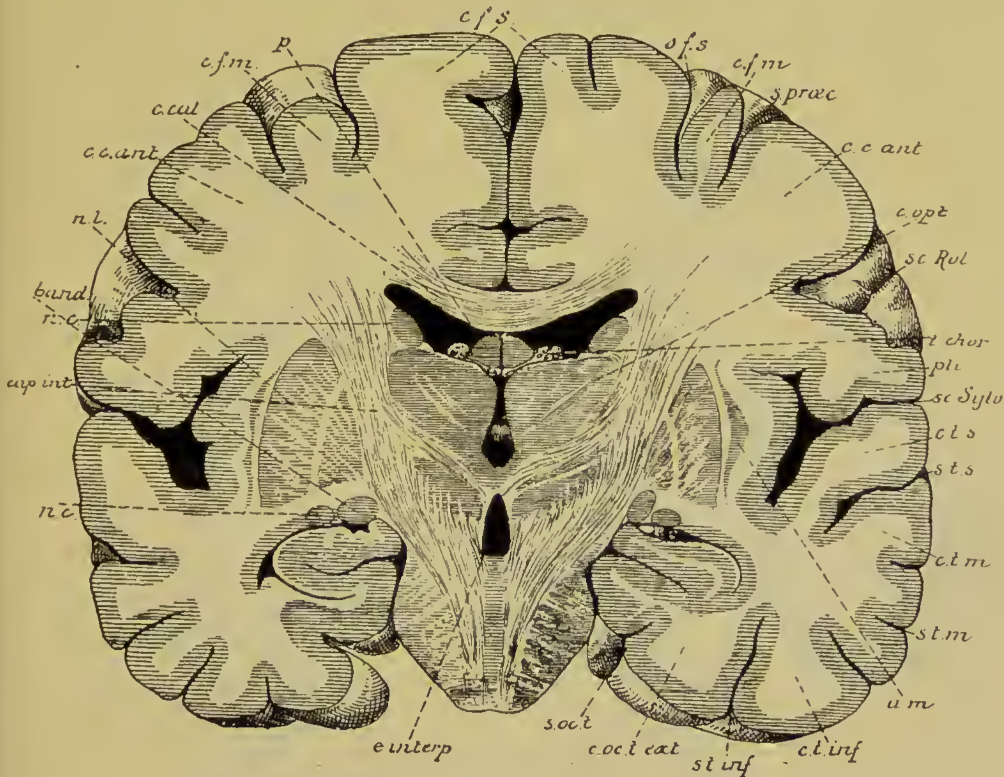


FIG. 53.

Coupe transversale de l'encéphale passant par le milieu des ganglions de la base. Gr. nat. 3/4.

cfs : Circonvolution frontale supérieure.
sfs : Sillon frontal supérieur.
cfm : Circonvolution frontale moyenne.
s. præc. : Sillon précentral.
cc. ant. : Circonvolution centrale antérieure.
sc. Rol. : Sillon de Rolando.
c. opt. : Couche optique.
t. chor. : Toile choroïdienne.
pli : Pli de passage entre les deux circonvolutions centrales.
sc. sylv. : Fissure de Sylvius.
c. t. s. : Circonvolution temporale supérieure.
s. t. s. : Sillon temporal supérieur.
c. t. m. : Circonvolution temporale moyenne.
s. t. m. : Sillon temporal moyen.
am : Avant-mur.
c. t. inf. : Circonvolution temporale inférieure.
s. t. inf. : Sillon temporal inférieur.
c. oc. t. ext. : Circonvolution occipito-temporale externe ou circonvolution fusiforme.
s. occ. t. : Sillon occipito-temporal ou fissure collatérale.
e. interp. : Espace interpédonculaire.
nc : Noyau caudé.
cap. int. : Bras postérieur de la capsule interne.
band. : Bandelette optique.
c. cal. : Corps calleux.
p : Voûte à trois piliers.

assez net qui la sépare du noyau caudé et dans lequel on trouve une veine assez volumineuse, la *veine du corps strié* ou *veine terminale (vena terminalis)*, un épaississement de l'épithélium épendymaire appelé *lamina affixa* et un faisceau blanc : la *bandelette semi-circulaire*, *bsc*, ou *strie terminale (stria terminalis)*.

L'extrémité antérieure de la couche optique est libre ; elle aide à circonscrire, avec le pilier antérieur de la voûte à trois piliers, un orifice circulaire, le *trou de Monro* ou *trou interventriculaire (foramen interventriculare)* faisant communiquer, de chaque côté, le ventricule latéral avec le troisième ventricule.

Au niveau de cette extrémité antérieure on trouve, sur la face supérieure de la couche optique, une éminence arrondie : le *tubercule antérieur* (*tuberculum anterius thalami*), *ta*.

L'extrémité postérieure de la couche optique se renfle et surplombe la partie supérieure du cerveau moyen en formant le *pulvinar*, *pulv*.

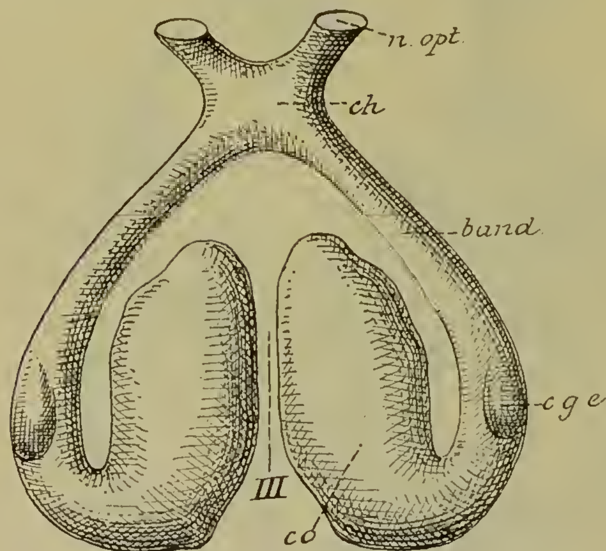


FIG. 54.

Couches optiques vues par leur face inférieure. Gr. nat.

co : Couche optique.
c. g. e. : Corps genouillé externe.
band. : Bandelette optique.
ch. : Chiasma des nerfs optiques.
n. opt. : Nerf optique.
III : Troisième ventricule.

Sous le pulvinar, chaque couche optique se rétrécit brusquement, se dilate au niveau du corps genouillé externe et se continue avec la bandelette optique. Celle-ci contourne le pédoncule cérébral et se rencontre sur la ligne médiane, à la face inférieure de l'encéphale, avec la bandelette optique du côté opposé. Là, les deux bandelettes présentent un entrecroisement partiel de leurs fibres constituves : le *chiasma des nerfs optiques* (*chiasma opticum*), *ch*, d'où partent les nerfs optiques, FIG. 54.

Le **métathalamus** comprend les corps genouillés externes et internes, FIG. 55.

Le *corps genouillé externe* ou *latéral* (*corpus geniculatum laterale*) constitue un petit renflement ovoïde situé sur le trajet de la bandelette optique, immédiatement en dessous de la partie postérieure renflée de la couche optique ou *pulvinar*. Le faisceau blanc qui relie ce corps genouillé à la bandelette optique porte le nom de *racine externe*.

FIG. 55.

Rapports des bandelettes optiques avec les corps genouillés et les couches optiques. Gr. nat.

fd : Faisceau denté.
fi. : Fimbria.
cm : Corps mamillaires.
inf. : Infundibulum.
rac. : Racine olfactive.

s. per. : Substance perforée antérieure.
ch. : Chiasma des nerfs optiques.
band. : Bandelette optique.
unc. : Repli unciforme.
bour. : Bourrelet du corps calleux.

Le *corps genouillé interne* ou *médian (corpus geniculatum mediale)* est une petite masse grise de forme ovoïde située en dedans du corps genouillé externe, à l'endroit où le sillon interbrachial du mésencéphale rencontre les parties constitutives du cerveau intermédiaire. Il est relié à la bandelette optique correspondante par un petit faisceau blanc qui forme la *racine interne* de cette bandelette.

L'**épithalamus** est formé principalement par le corps pinéal et l'habénula.

La *glande pinéale* ou *épiphyse*, mieux appelée *corps pinéal,* est un petit corps grisâtre de 8 à 10 millimètres de longueur situé au-dessus et un peu au-devant des tubercules quadrijumeaux; il repose sur la partie antérieure élargie du sillon médian longitudinal des mêmes tubercules. De la partie antérieure de ce corps part, de chaque côté, un petit cordon blanc qui se perd sur la face interne de la couche optique en se continuant avec le ganglion de l'habénula : ce sont les *pédoncules du corps pinéal* formant la *commissure des ganglions de l'habénula (commissura habenularum)* appelée quelquefois encore *commissure supérieure.*

La valeur anatomique du corps pinéal a été longtemps une énigme. D'après des recherches récentes d'anatomie comparée, le corps pinéal est un organe rudimentaire qui existerait encore assez bien développé chez quelques sélaciens et un grand nombre de reptiles et y constitue un *organe pariétal* ayant beaucoup de ressemblance avec un œil. On le désigne même quelquefois sous le nom d'*œil pariétal* ou *troisième œil des vertébrés.*

L'habénula. Sur la face interne de chaque couche optique, tout près de son bord supérieur, on trouve une strie saillante à direction antéro-postérieure connue sous le nom de *strie médullaire (stria medullaris)* ou *habénula.* Cette strie augmente insensiblement de volume, et, arrivée dans le voisinage du pédoncule du corps pinéal, présente une partie triangulaire renflée appelée *ganglion* ou *trigone de l'habénula (trigonum habenulae).* Ce trigone se trouve relié au corps pinéal par le faisceau blanc que nous avons décrit plus haut sous le nom de *pédoncule du corps pinéal.*

Hypothalamus. La région sous-thalamique ou l'hypothalamus appartient à le fois au diencéphale et au télencéphale; elle est séparée nettement du thalamencéphale par le sillon de Monro ou sillon hypothalamique.

L'hypothalamus comprend : les corps mamillaires, l'éminence sacculaire de Retzius, le tubercule cendré avec l'infundibulum, la tige pituitaire et l'hypophyse, le chiasma des nerfs optiques, le récessus optique et la lame terminale. Les corps mamillaires et l'éminence sacculaire avec une partie du tubercule cendré appartiennent seuls au diencéphale ; ils forment la *partie mamillaire* de la région sous-thalamique (*pars mamillaris hypothalami*).

Les autres parties constitutives de l'hypothalamus appartiennent au télencéphale et forment la *partie optique* de la région sous-thalamique (*pars optica hypothalami*). Chez l'adulte, la limite entre ces deux parties de l'hypothalamus est difficile à établir ; aussi décrit-on avec le diencéphale toutes les parties constitutives de l'hypothalamus comme formant le plancher du troisième ventricule.

Troisième ventricule. La partie du canal neural primitif qui corres-

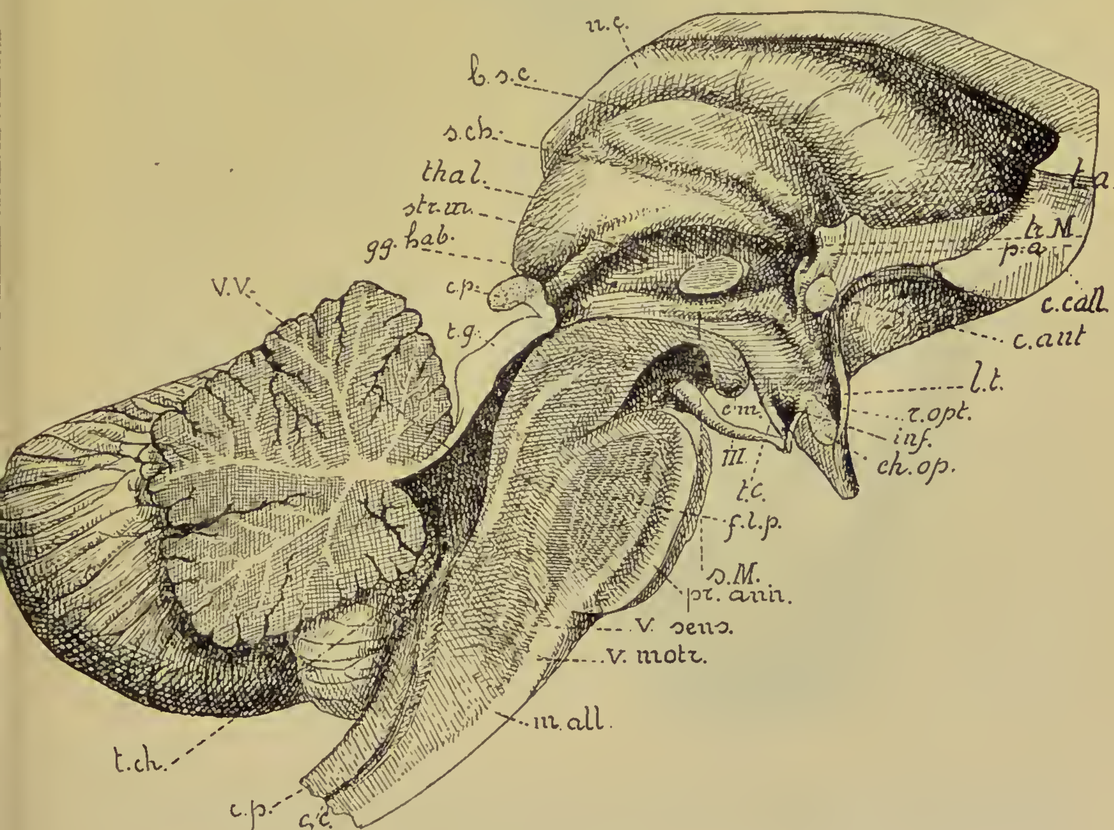


FIG. 56.

Section médiane du tronc cérébral. Gr. nat.

Nc : Noyau caudé.
B. c. : Bandelette semi-circulaire.
S. ch. : Sillon choroïdien.
thal. : Thalamus.
str. m. : Strie médullaire.
gg. hab. : Ganglion de l'habénula.
C. p. : Corps pinéal.
t. q. : Tubercules quadrijumeaux.
VV : Valvule de VIEUSSENS.
t. ch. : Toile choroïdienne.
c. p. : Cordon postérieur.
c. c. : Canal central.
m. al. : Moelle allongée.
v. motr. : Voie motrice.
v. sens. : Voie sensitive.
pr. ann. : Protubérance annulaire.
s. m. : Sillon de Monro.
f. l. p. : Faisceau longitudinal postérieur.
III : Nerf oculo-moteur commun.
c. m. : Corps mamillaires.
t. c. : Tubercule cendré.
ch. opt. : Chiasma optique.
inf. : Récessus de l'infundibulum.
r. opt. : Récessus optique.
l. t. : Lame terminale.
c. ant. : Commissure antérieure.
c. call. : Corps calleux.
p. ant. : Pilier antérieur du trigone.
tr. M. : Trou de Monro.
t. ant. : Tubercule antérieur de la couche optique.

pond au cerveau intermédiaire devient le *troisième ventricule* ou *ventricule médian*. Celui-ci est situé sur la ligne médiane entre les faces internes des deux couches optiques.

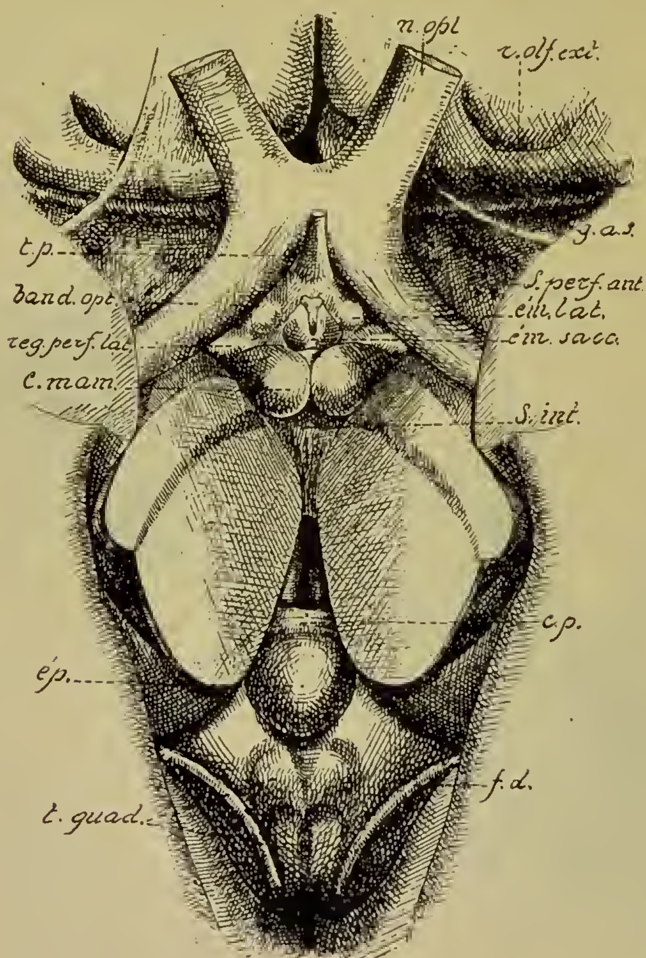


Fig. 57.

Partie de la base du cerveau comprise entre le chiasma optique, les bandelettes optiques et les pédoncules cérébraux et appartenant en grande partie au plancher du troisième ventricule.

Gr. nat. 1 1/2.

n. opt. : Nerf optique.
s. perf. ant. : Substance perforée antérieure.
band. op. : Bandelette optique.
t. p. : Tige pituitaire.
ém. lat. : Eminence latérale.
r. perf. lat. : Région perforée latérale.
ém. sacc. : Eminence sacculaire.
c. mam. : Corps mamillaires.
s. perf. p. : Substance interpédonculaire.
ép. : Corps pinéal.
c. p. : Commissure postérieure.
t. quadr. : Empreinte des tubercules quadrijumeaux.
f. cin. : Fasciola cinerea.

Le plancher de ce ventricule offre à étudier une face externe et une face interne. La face externe présente, en allant du mésencéphale vers le télencéphale, FIG. 56 et 57 : une mince lamelle grise qui se continue, en arrière, avec la substance interpédonculaire et qui s'étend, en avant, jusqu'au niveau d'une petite dépression en forme d'entonnoir visible à la base du cerveau, en arrière du chiasma des nerfs optiques, et connue sous le nom d'*infundibulum* ou *récessus de l'infundibulum* (*recessus infundibuli*). La paroi postérieure de cet infundibulum, légèrement bombée du côté de la base du cerveau, forme le *tubercule cendré* (*tuber cinereum*). Cette dépression du plancher du ventricule médian se rétrécit insensiblement et se continue par un petit cordon

grêle, appelé *tige pituitaire,* auquel est suspendu l'*hypophyse*, *hyp.*

Derrière l'hypophyse et au-devant de la substance interpédonculaire, on trouve, à la base du cerveau, sur la face inférieure de la lame grise qui sert de plancher au ventricule médian, deux éminences blanches légèrement allongées dans le sens transversal : les *corps mamillaires* (*corpus mamillare*), *c. mam.*

Entre ces corps mamillaires et le tubercule cendré, il existe souvent, d'après les recherches récentes de Retzius que nous pouvons confirmer, une saillie du plancher du troisième ventricule ayant plus ou moins la forme d'une feuille de trèfle : c'est l'*éminence sacculaire* (*eminentia saccularis*) de Retzius. Cette éminence sacculaire se retrouve, plus ou moins développée, aussi bien sur les cerveaux d'adultes que sur des cerveaux d'embryons humains, à partir de la sixième semaine de la vie intra-utérine. Elle doit être considérée comme un organe rudimentaire, l'homologue d'un organe plus développé, le *saccus vasculosus* des vertébrés inférieurs.

Au-devant de l'infundibulum se trouve le chiasma des nerfs optiques. Celui-ci semble refouler un peu en haut le plancher du troisième ventricule produisant ainsi, du côté de la cavité ventriculaire, une crête transversale séparant le récessus de l'infundibulum, qui est en arrière du chiasma, d'une dépression angulaire située au-devant du chiasma et connue sous le nom de *récessus optique.* Ce récessus optique est limité en avant par une mince lamelle blanche, la *lame terminale* (*lamina terminalis*), étendue entre la partie déprimée du récessus optique et l'extrémité inférieure effilée ou *bec* du corps calleux.

La constitution anatomique et la signification physiologique de l'hypophyse sont encore loin d'être complètement élucidées. On sait que, embryologiquement, le *lobe postérieur (lobus posterior)* de l'hypophyse provient du diencéphale et est de nature nerveuse, tandis que son *lobe antérieur (lobus anterior)* représente une portion de la voûte du pharynx, détachée de celle-ci dans le cours du développement embryologique ; elle provient donc de l'ectoderme buccal et elle est de nature glandulaire. Nous verrons plus tard quelle est la structure anatomique de l'hypophyse chez l'adulte. Quant à sa valeur physiologique, les observations cliniques et anatomo-pathologiques de ces dernières années, ainsi que des recherches expérimentales récentes, tendent à prouver que l'hypophyse est un organe important exerçant une influence manifeste sur le développement général du corps.

En 1886, P. Marie a décrit, pour la première fois, une maladie spéciale connue sous le nom de *acromégalie* ou *maladie de Marie* et caractérisée par un développement considérable des extrémités (mains, pieds, nez, maxillaire inférieur, langue, etc.). Depuis lors un grand nombre de cas d'acromégalie ont été publiés ; or, chose

étrange, dans les quelques autopsies qui ont été faites on a constaté, comme lésion presque unique, une hypertrophie quelquefois considérable de l'hypophyse. VASSALE et SACCHI ont essayé d'établir les fonctions physiologiques de l'hypophyse en la détruisant expérimentalement chez le chien et le chat. Ils ont observé que la destruction totale de cet organe est rapidement suivie de mort, tandis que sa destruction partielle amène des troubles fonctionnels graves. Se basant sur les résultats favorables fournis par l'injection du suc thyroïdien chez des animaux thyroïdectomisés, ils ont injecté du suc pituitaire de bœuf à leurs animaux en expérience ; ces injections prolongeaient la vie des animaux ayant subi une destruction complète de l'hypophyse ; elles amendaient considérablement les troubles fonctionnels chez ceux qui n'avaient subi qu'une destruction partielle de cet organe.

De ces quelques faits il semble résulter que, de même que le corps thyroïde et peut-être le thymus, l'hypophyse est un organe en rapport avec la nutrition générale des tissus, exerçant une influence manifeste sur le développement de certaines parties du corps.

Le *toit* du ventricule médian est formé, en arrière, par le bord antérieur du *corps pinéal,* présentant une dépression plus ou moins profonde appelée *récessus du corps pinéal*, FIG. 56.

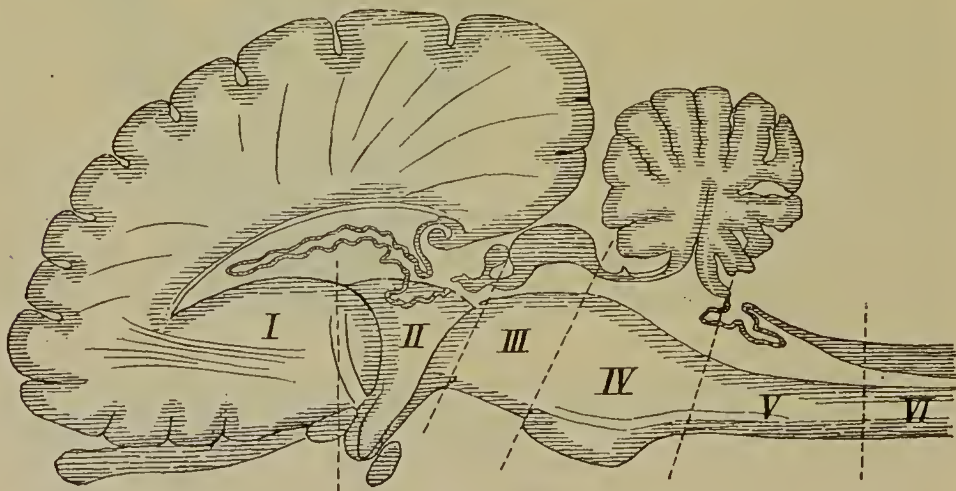


FIG. 58.

Coupe schématique de l'encéphale d'un mammifère (d'après EDINGER).

I : Télencéphale.
II : Diencéphale.
III : Mésencéphale.
IV : Cerveau postérieur comprenant l'isthme du rhombencéphale et le métencéphale.
V : Myélencéphale.
VI : Partie cervicale de la moelle épinière.

En dessous de ce bord, entre lui et l'orifice antérieur de l'aqueduc de SYLVIUS, on trouve une lamelle blanche quelque peu enroulée sur elle-même : c'est la *commissure postérieure du cerveau* (*commissura posterior*), *com. p.*, en-dessous de laquelle on voit l'orifice

évasé, en forme d'entonnoir, par lequel le troisième ventricule se continue avec l'aqueduc de SYLVIUS. Au-devant de l'épiphyse, le toit du troisième ventricule n'est plus formé que par une simple couche de cellules épithéliales représentant l'épithélium épendymaire. Cet épithélium, recouvert en dehors par la pie-mère, a été, dans le cours du développement, refoulé par celle-ci à l'intérieur du

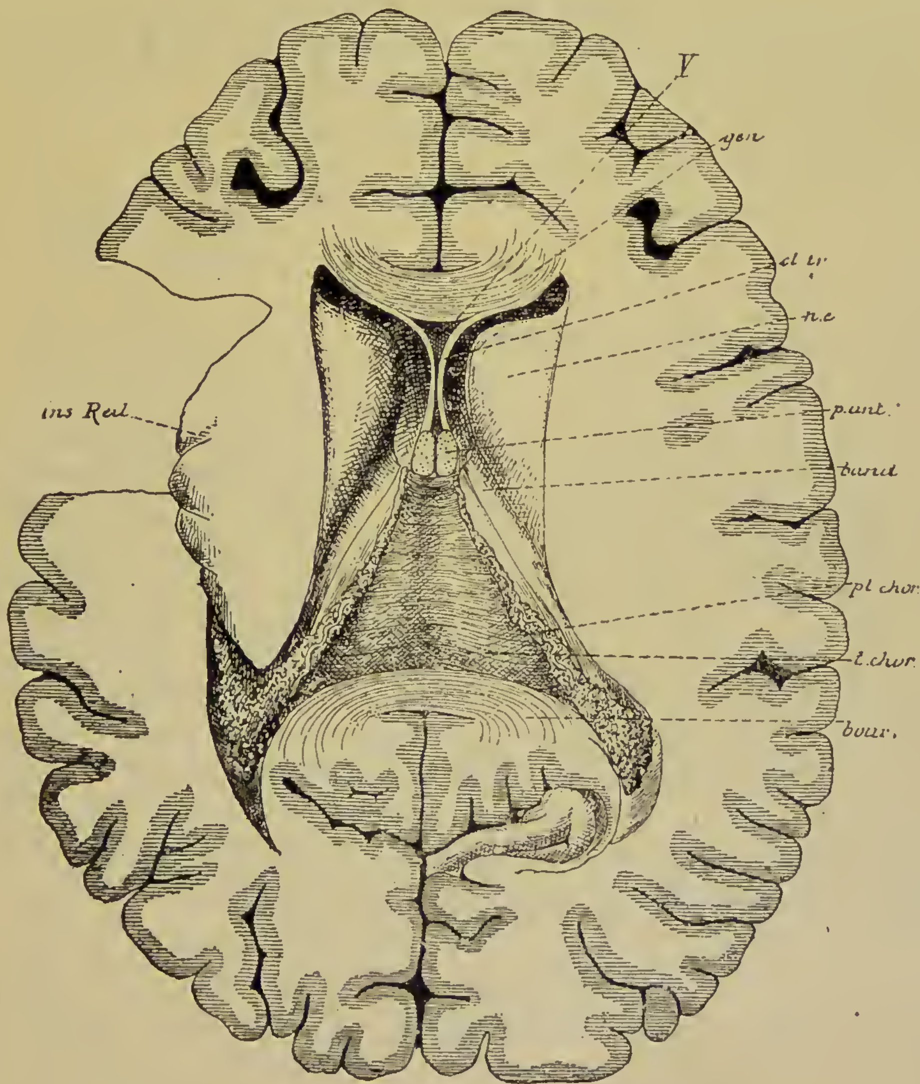


FIG. 59.
Toile choroïdienne du troisième ventricule. Gr. nat. 2/3.

cerveau intermédiaire, FIG. 58. Ce prolongement de la pie-mère recouvert par l'épendyme porte le nom de *toile choroïdienne antérieure* ou *toile choroïdienne du troisième ventricule* (*tela chorioidea ventriculi tertii*), pour la distinguer d'une production semblable existant dans le quatrième ventricule. Elle se continue, FIG. 59, par ses bords latéraux,

avec l'épithélium épendymaire de la voûte à trois piliers et avec celui de la face supérieure des couches optiques au niveau de la *lamina affixa* ; elle sépare ainsi nettement le ventricule médian des ventricules latéraux.

En arrière, le troisième ventricule communique avec l'aqueduc de SYLVIUS.

Il est limité, en avant, par les piliers antérieurs de la voûte à trois piliers appartenant au cerveau terminal. Entre ces piliers et l'extrémité antérieure de la couche optique on trouve, de chaque côté, le trou de MONRO ou *trou interventriculaire*.

Littérature.

W. HIS : *Vorschläge zur Eintheilung des Gehirns ;* Archiv für Anatomie und Physiologie, Anatomische Abtheilung, 1893, pp. 172-179. — W. HIS : *Die anatomische Nomenclatur,* Ibid. 1895, Supplement-Band. — PRENANT : *Eléments d'embryologie.* Livre II, Organogénie. Paris 1895. — KEY et RETZIUS : *Studien in der Anatomie des Nervensystems und des Bindegewebes.* Vol. I, 1895. — RETZIUS : *Das Menschenhirn,* Stockholm, 1896. — CANNIEU : *Recherches sur la voûte du quatrième ventricule des vertébrés. Les trous de Magendie et de Luschka.* Bibliographie anatomique, 1898, pp. 159-191. — G. RETZIUS : *Ueber ein dem Saccus vasculosus entsprechendes Gebilde am Gehirn des Menschen und anderer Säugethiere.* Biologische Untersuchungen. Neue Folge, Bd. VII, 1895, pp. 1-5. — G. VASSALE et E. SACCHI : *Sulla distruzione della ghiandola pituitaria* ; Rivista sperimentale di freniatria, Vol. XVIII, 1894. — *Ulteriori esperienze sulla ghiandola pituitaria* ; Ibid., Vol. XX, 1895. Archives italiennes de Biologie, 1895, pp. CXXXIII-CXXXV. — P. MARIE : *Sur deux cas d'acromégalie* : Revue de médecine, 1886.

QUATRIÈME LEÇON

Le télencéphale ou cerveau terminal.

La conformation extérieure du cerveau terminal.
Les sillons typiques primaires.
Les lobes du cerveau terminal. — Les sillons typiques secondaires et les circonvolutions qu'ils délimitent sur la face externe de chaque hémisphère cérébral.

Pour terminer l'étude de ce que l'on peut appeler la grosse anatomie de l'axe cérébro-spinal, il nous reste encore à examiner le *cerveau terminal.*

Le cerveau terminal ou télencéphale est la partie de l'axe cérébro-spinal qui provient de la différentiation de la partie antérieure de la première vésicule cérébrale primitive. Arrivé à l'état de développement complet, il constitue la partie la plus volumineuse du système nerveux cérébro-spinal englobant complètement le diencéphale. Il est situé, dans la boite cranienne, au-dessus du cervelet, de la protubérance annulaire et du cerveau moyen, occupant toute l'étendue de cette boîte à l'exclusion de la gouttière basilaire et des fosses occipitales inférieures.

Le cerveau terminal, comme les autres segments constitutifs de l'encéphale, est formé d'une partie ventrale et d'une partie dorsale séparées l'une de l'autre par l'extrémité supérieure du sillon limitant des ventricules ou sillon de MONRO.

La partie ventrale du télencéphale, considérablement réduite, forme la partie optique de la région sous-thalamique (*pars optica hypothalami*) ; elle comprend l'infundibulum avec l'hypophyse, le chiasma des nerfs optiques, le récessus optique et la lame terminale. Nous l'avons décrite avec le diencéphale comme partie constitutive du plancher du troisième ventricule.

La partie dorsale du télencéphale a pris un développement extraordinaire, au point qu'elle forme presque la totalité du cerveau terminal. Elle comprend le *corps strié*, le *pallium* ou manteau et le *rhinencéphale.* Avant d'aborder l'étude de ces trois parties essentielles du télencéphale, nous donnerons une description de la conformation extérieure du cerveau terminal considéré dans son ensemble.

Conformation externe du télencéphale.

Le cerveau terminal est divisé en deux moitiés plus ou moins symétriques, appelées *hémisphères (hémisphaeria)*, par un sillon médian profond : la *grande fissure médiane interhémisphérique* ou *fissure longitudinale du cerveau (fissura longitudinalis cerebri)*, FIG. 60. Cette

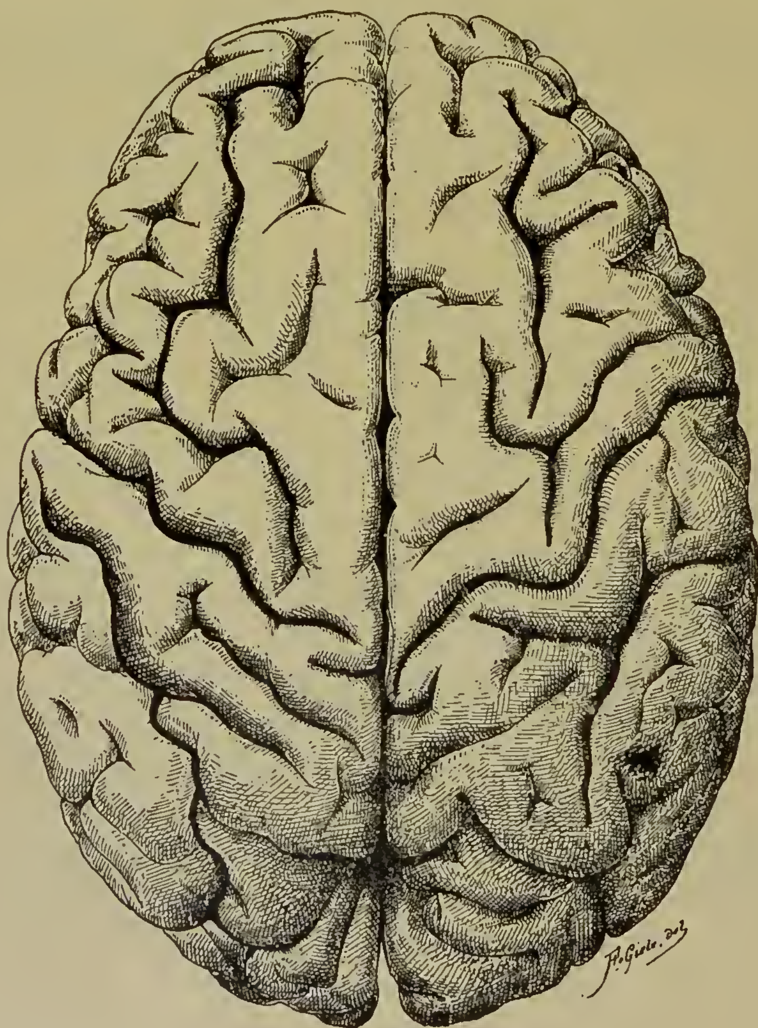


FIG. 60.

Cerveau terminal vu par sa face supérieure. Gr. nat. 2/3.

fissure est complète dans le quart antérieur et le quart postérieur du cerveau terminal.

Elle est incomplète, au contraire, dans les deux quarts moyens. Au fond de cette fissure, on trouve à ce niveau une large bande de fibres transversales ou commissurales qui unissent les deux

hémisphères et qui par leur ensemble constituent le *corps calleux (corpus callosum)*.

Chacun des hémisphères présente une face externe convexe, une face interne plane et une face inférieure irrégulière. Ces faces ne sont pas lisses, mais sont parcourues par un grand nombre de *sillons (sulci cerebri)* plus ou moins profonds, délimitant des saillies plus ou moins flexueuses appelées *circonvolutions (gyri cerebri)*. Au premier aspect, ces sillons et ces circonvolutions semblent répartis sans ordre sur la surface des hémisphères. Un examen attentif montre cependant que certains de ces sillons se retrouvent d'une façon constante et avec des caractères identiques sur tous les cerveaux que l'on examine, tandis que d'autres sont plus variables. Cette remarque permet déjà de classer les sillons en deux groupes : des *sillons constants* ou *typiques* et des *sillons inconstants* ou *atypiques*.

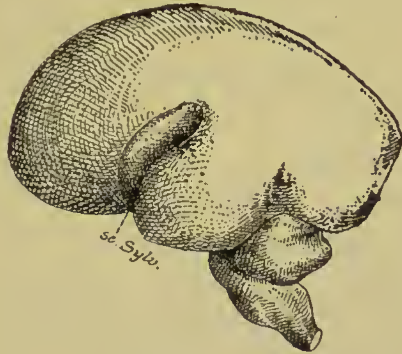


FIG. 61.

Face externe du cerveau terminal d'un embryon humain âgé d'environ quatre mois. Gr. nat.
sc. Sylv. : Fissure de SYLVIUS.

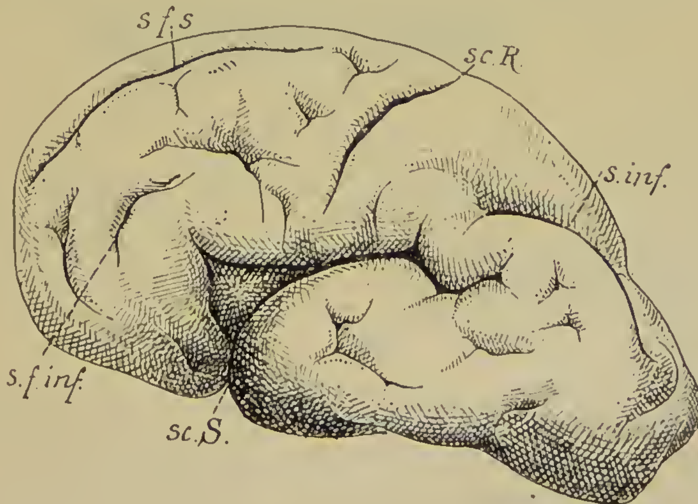


FIG. 62.

Face externe du cerveau terminal d'un embryon humain de 30 centimètres de longueur (environ 5 1/2 mois) montrant les sillons primaires ou fissures et quelques sillons secondaires. Gr. nat.

sc. S. : Fissure de SYLVIUS.
sc. R. : Sillon de ROLANDO.
s. f. s. : Sillon frontal supérieur.
s. f. inf. : Sillon frontal inférieur.
s. inf. : Sillon interpariétal.

En étudiant, dans le cours du développement, le mode d'apparition des sillons typiques ou constants, on constate que, jusque vers le commencement du cinquième mois de la vie intra-utérine, la face externe des hémisphères cérébraux est lisse et régulière, FIG. 61. A l'exception de la fissure de SYLVIUS, dont l'apparition est plus précoce et dont le mode de formation est tout à fait particulier, les premiers sillons présentent tous ce caractère commun de refouler complètement jusque dans la cavité ventriculaire toute la paroi des vésicules hémisphériques, de telle sorte qu'à chacun de ces sillons externes correspond, dans le ventricule, une saillie interne. HIS, qui le premier a relevé ce mode de formation de ces sillons, leur a donné le nom de *sillons complets*. On les appelle encore *fissures*, ou bien, à cause de leur apparition

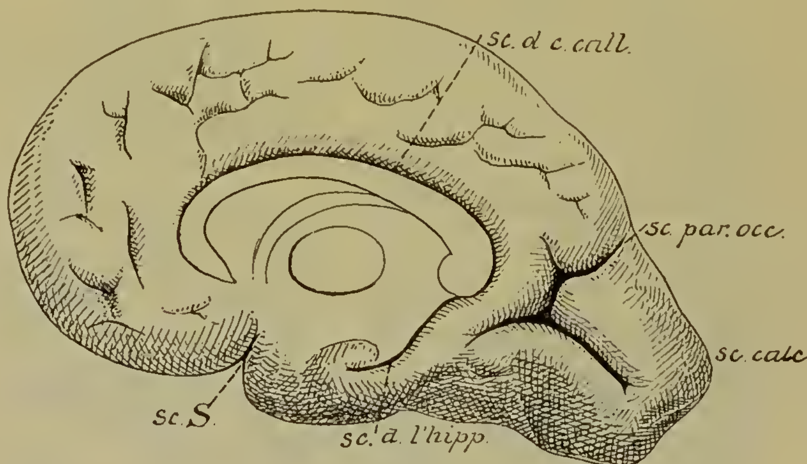


FIG. 63.

Face interne du cerveau terminal de l'embryon précédent. Gr. nat.

sc. d. c. call. : Sillon du corps calleux.
sc. par. occ. : Fissure pariéto-occipitale.
sc. calc. : Fissure calcarine.
sc. S. : Fissure de SYLVIUS.
sc. d. l'hipp. : Fissure de l'hippocampe.

précoce, *sillons primaires* ou *sillons principaux*. Ces sillons apparaissent pendant le cinquième mois de la vie embryonnaire, FIG. 62 et 63. D'autres sillons surviennent dans le courant du sixième mois ; ils n'intéressent que les couches superficielles de l'écorce cérébrale et ne s'étendent pas jusqu'aux parois des ventricules. On les appelle *sillons secondaires, sillons accessoires* ou *sillons incomplets*.

Les sillons de la surface des hémisphères cérébraux se divisent donc, d'après leur importance, en trois groupes :

A. Les sillons typiques primaires ou principaux,
B. Les sillons typiques secondaires ou accessoires et
C. Les sillons atypiques ou tertiaires.

A. Sillons primaires ou principaux.

Les sillons primaires ou principaux sont au nombre de six dont cinq sont en même temps des *sillons complets* dans le sens de HIS ou des *fissures*, ce sont : la *fissure latérale* ou *fissure de Sylvius*, le *sillon de Rolando*, la *fissure pariéto-occipitale*, la *fissure calcarine*, la *fissure de l'hippocampe* et la *fissure collatérale*.

1° La *fissure latérale* ou *fissure de Sylvius (fissura cerebri lateralis seu Sylvii)* commence sur la face inférieure de chaque hémisphère, tout près de la ligne médiane, près du bord latéral de la substance perforée antérieure, FIG. 64 ; elle se dirige en dehors, contourne le bord externe de la face inférieure, remonte sur la face externe qu'elle parcourt obliquement en haut et en arrière et s'y termine approximativement à la réunion du tiers moyen avec le tiers postérieur de chaque hémisphère, FIG. 69. Au moment où elle contourne le bord externe de la face inférieure de l'hémisphère, la fissure de SYLVIUS émet deux branches plus courtes qui se rendent dans le lobe frontal; l'une a une direction horizontale et se dirige directement en avant, c'est le *rameau horizontal antérieur* (*ramus anterior horizontalis);* l'autre prend une direction verticale : c'est le *rameau ascendant antérieur (ramus anterior ascendens)*. La partie de la fissure de SYLVIUS que l'on trouve sur la face externe de l'hémisphère, derrière le rameau ascendant antérieur, est souvent désignée sous le nom de *rameau horizontal postérieur* ou *rameau postérieur* (*ramus posterior*).

La fissure de SYLVIUS est large et profonde. Quant on écarte les deux lèvres qui limitent cette fissure, on trouve le fond occupé par une partie repliée de la surface hémisphérique parcourue par des sillons et des circonvolutions et qui porte le nom d'*insula de Reil*.

Cette fissure de SYLVIUS est un véritable *sillon complet* en ce sens, qu'elle refoule dans l'intérieur de la cavité ventriculaire la paroi des vésicules hémisphériques. Cette partie refoulée constitue le *corps strié*.

La fissure de SYLVIUS est un sillon primaire, un sillon principal,

parce que de tous les sillons, c'est celui dont l'apparition est le plus précoce. Il se distingue d'ailleurs de tous les autres sillons par son mode de formation.

Les vésicules hémisphériques embryonnaires, ovalaires et lisses, se développent dans tous les sens, excepté sur le point de leur face

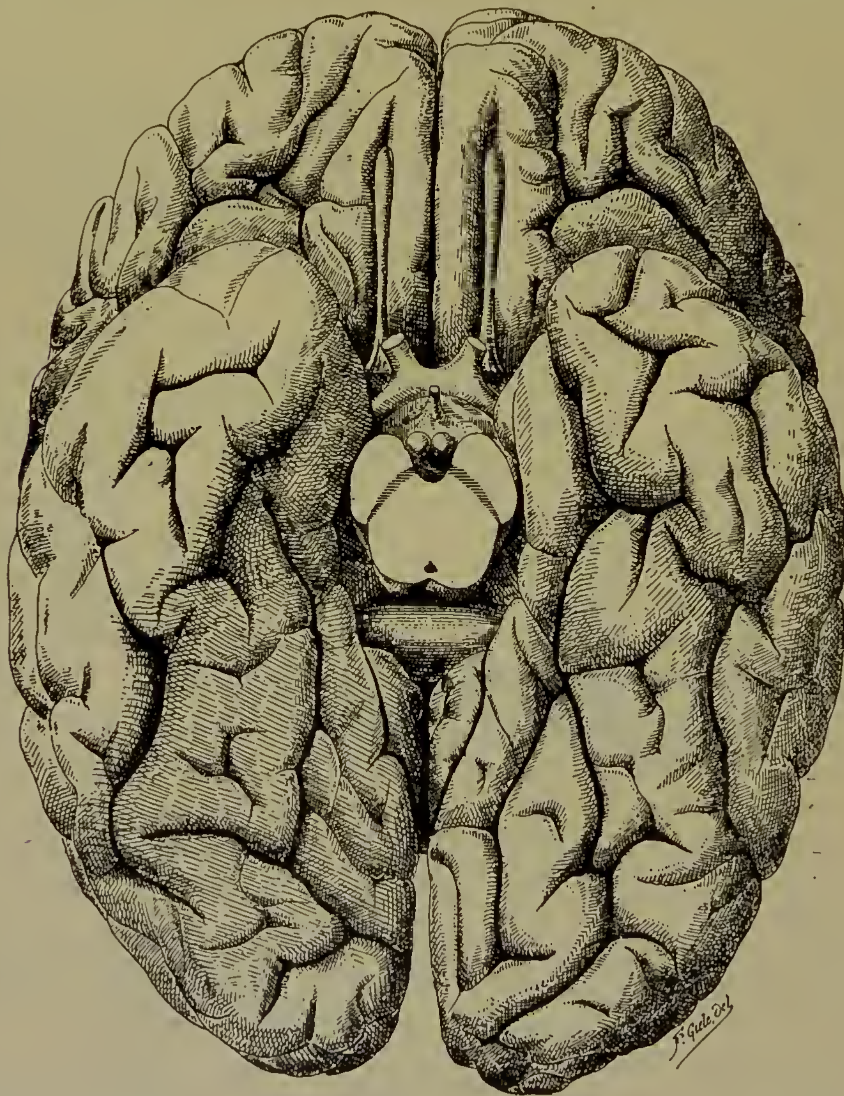


FIG. 64.
Face inférieure du cerveau terminal. Gr. nat. 2/2.

externe qui correspondra plus tard au fond de la fissure de SYLVIUS, FIG. 65. A ce niveau, le développement de la paroi hémisphérique retarde sur le développement des parties voisines, de telle sorte que celles-ci débordent bientôt en avant, en haut et en arrière, FIG. 66. Il se produit ainsi, sur la face externe de chaque hémisphère, une partie

déprimée triangulaire, la *fosse de Sylvius* ou *fosse latérale du cerveau (fossa cerebri lateralis* seu *Sylvii)*, FIG. 67 et 68, qui va devenir plus tard l'insula de REIL. Les parties voisines continuant à se développer



FIG. 65.

Face externe du cerveau terminal d'un embryon humain de 12 centimètres de longueur montrant les *sillons transitoires*. Gr. nat.

sc. S. : Fissure de SYLVIUS.

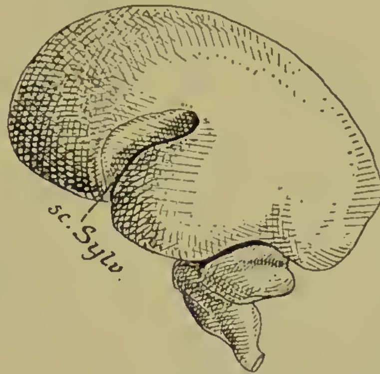


FIG. 66.

Face externe du cerveau terminal d'un embryon humain âgé d'environ quatre à cinq mois Gr. nat.
sc. Sylv. : Fissure de SYLVIUS.

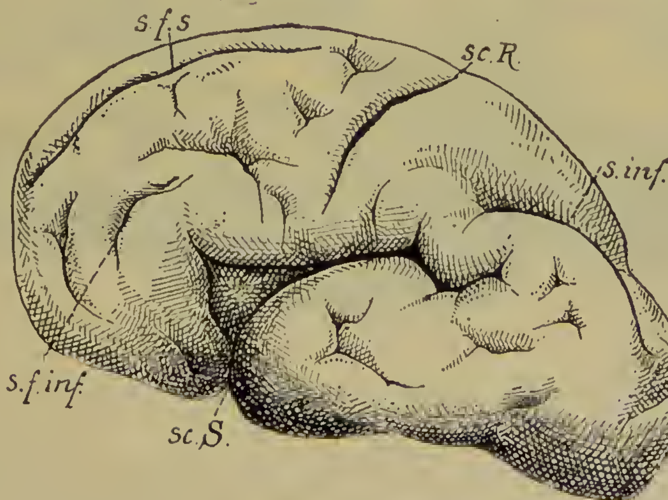


FIG. 67.

Face externe du cerveau terminal d'un embryon humain de 30 centimètres de longueur (environ 5 1/2 mois) montrant les sillons primaires ou fissures et quelques sillons secondaires. Gr. nat.

sc. S. : Fissure de SYLVIUS.
sc. R. : Sillon de ROLANDO.
s. f. s. : Sillon frontal supérieur.
s. f. inf. : Sillon frontal inférieur.
s. inf. : Sillon interpariétal.

finissent par recouvrir entièrement cette dépression et, par la réunion de leurs bords, elles vont constituer la fissure profonde appelée fissure de SYLVIUS.

Ainsi que le montre nettement notre fig. 65, pendant les premiers mois du développement embryologique les vésicules hémisphériques présentent, sur toute leur étendue, des plis radiés plus ou moins profonds, variables d'un hémisphère à l'autre. Ce sont des *sillons transitoires* entièrement indépendants des sillons qui caractérisent les hémisphères cérébraux de l'adulte. Ces sillons transitoires disparaissent, en effet, pendant le cours du 4e mois, de telle sorte qu'au commencement du 5e mois la face externe des hémisphères cérébraux est complètement lisse ; c'est alors que commencent à apparaître les sillons définitifs.

2° Le *sillon de Rolando* ou *sillon central* (*sulcus centralis*) existe sur la face convexe de l'hémisphère. Il commence au niveau de la fissure médiane interhémisphérique, environ au point de réunion du tiers postérieur avec les deux tiers antérieurs de l'hémisphère. De là, il se dirige obliquement en bas et en avant pour se terminer un peu au-

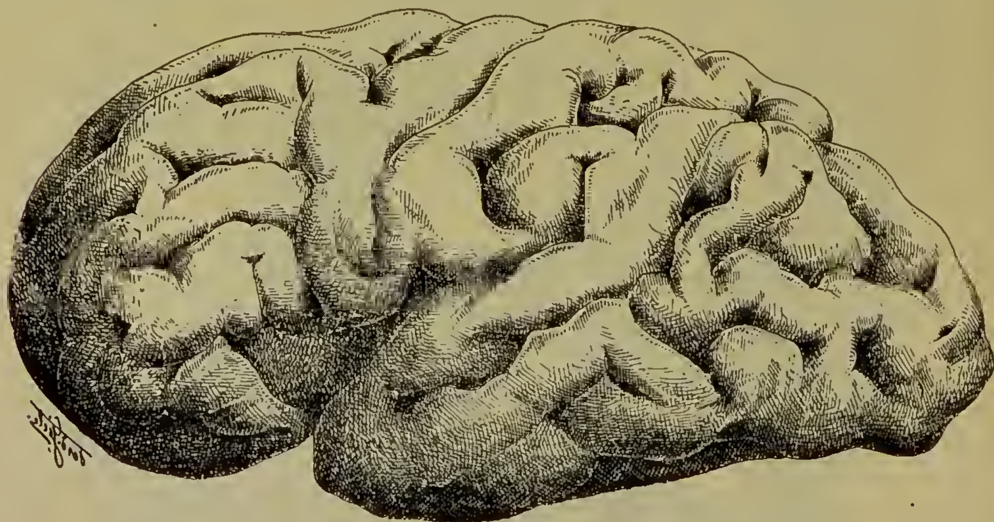


FIG. 68.

Face externe du cerveau terminal d'un enfant né à 7 mois montrant la fosse de SYLVIUS. Gr. nat.

dessus de la fissure de SYLVIUS, dans l'angle rentrant formé par le rameau horizontal postérieur et le rameau antérieur ascendant ou vertical de cette fissure, FIG. 68 et 69.

Le sillon de ROLANDO n'est pas un sillon complet; on le considère comme un sillon primaire ou principal à cause de son apparition précoce.

3° La *fissure pariéto-occipitale (fissura parieto-occipitalis)*. Elle existe à la fois sur la face externe et sur la face interne de chaque hémisphère, à environ 4 ou 5 centimètres au-devant du pôle occipital. La partie la plus développée se trouve sur la face interne, FIG. 70. On la

désigne encore sous le nom de *fissure perpendiculaire interne.* Elle commence au bord supérieur de l'hémisphère cérébral, descend



FIG. 69.
Face externe du cerveau terminal. Gr. nat. 2/3

verticalement en bas et se réunit avec une autre fissure située plus bas et appelée *fissure occipitale horizontale* ou *fissure calcarine*. Sur la face externe de l'hémisphère on trouve une dépression transversale, longue de 1 à 2 centimètres, se continuant avec la fissure de la face interne. Cette dépression de la face externe est souvent désignée sous le nom de *fissure perpendiculaire externe*.

La fissure pariéto-occipitale est un sillon complet : elle a refoulé en dedans, dans le cours du développement embryologique, toute l'épaisseur des parois hémisphériques ; la saillie ventriculaire qui correspond à cette dépression externe existe sur la paroi interne du prolongement occipital du ventricule latéral. Elle est formée de fibres appartenant au corps calleux et est connue sous le nom de *forceps major du corps calleux* ou *bulbe de la corne postérieure* (*bulbus cornu posterioris*).

4° La *fissure calcarine (fissura calcarina*) ou *fissure occipitale horizontale*. On la trouve sur la face interne des hémisphères, tout près de leur extrémité postérieure, FIG. 70. Elle commence souvent par deux petits sillons à direction verticale, puis se dirige horizontalement en avant pour se réunir avec l'extrémité inférieure de la fissure pariéto-occipitale.

A cette fissure calcarine de la face interne de l'hémisphère cérébral correspond une saillie sur la paroi interne du prolongement occipital du ventricule latéral : l'*ergot de Morand* ou *calcar avis* situé immédiatement en dessous du forceps major du corps calleux.

5° La *fissure de l'hippocampe (fissura hippocampi)* est visible sur la face inférieure et aussi sur la face interne de l'hémisphère cérébral ; c'est un sillon profond séparant la face inférieure de l'hémisphère des parties voisines du tronc cérébral. Cette fissure à direction antéro-postérieure décrit une courbe à convexité externe, FIG. 70. Elle n'est que la partie latérale d'une fissure profonde à concavité antérieure contournant les faces latérales et la face postérieure du tronc cérébral connue sous le nom de *grande fente cérébrale de Bichat* ou *fissure cérebrale transverse du cerveau (fissura transversa cerebri)*, et dont la partie médiane, comprise entre le bourrelet du corps calleux et la face postérieure du cerveau moyen, conduit dans le troisième ventricule.

La fissure de l'hippocampe est un sillon complet : la paroi des vésicules hémisphériques, refoulée dans la cavité ventriculaire, produit une saillie oblongue à grand diamètre antéro-postérieur sur la paroi

inférieure du prolongement temporal du ventricule latéral : la *corne d'Ammon* ou *grand pied d'hippocampe* (*hippocampus* ou *pes hippocampi*).

6° La *fissure collatérale* existe sur la face inférieure du lobe occipito-temporal FIG. 71 ; elle s'étend sur cette face depuis le pôle occipital jusqu'au pôle temporal. C'est un sillon complet : la paroi

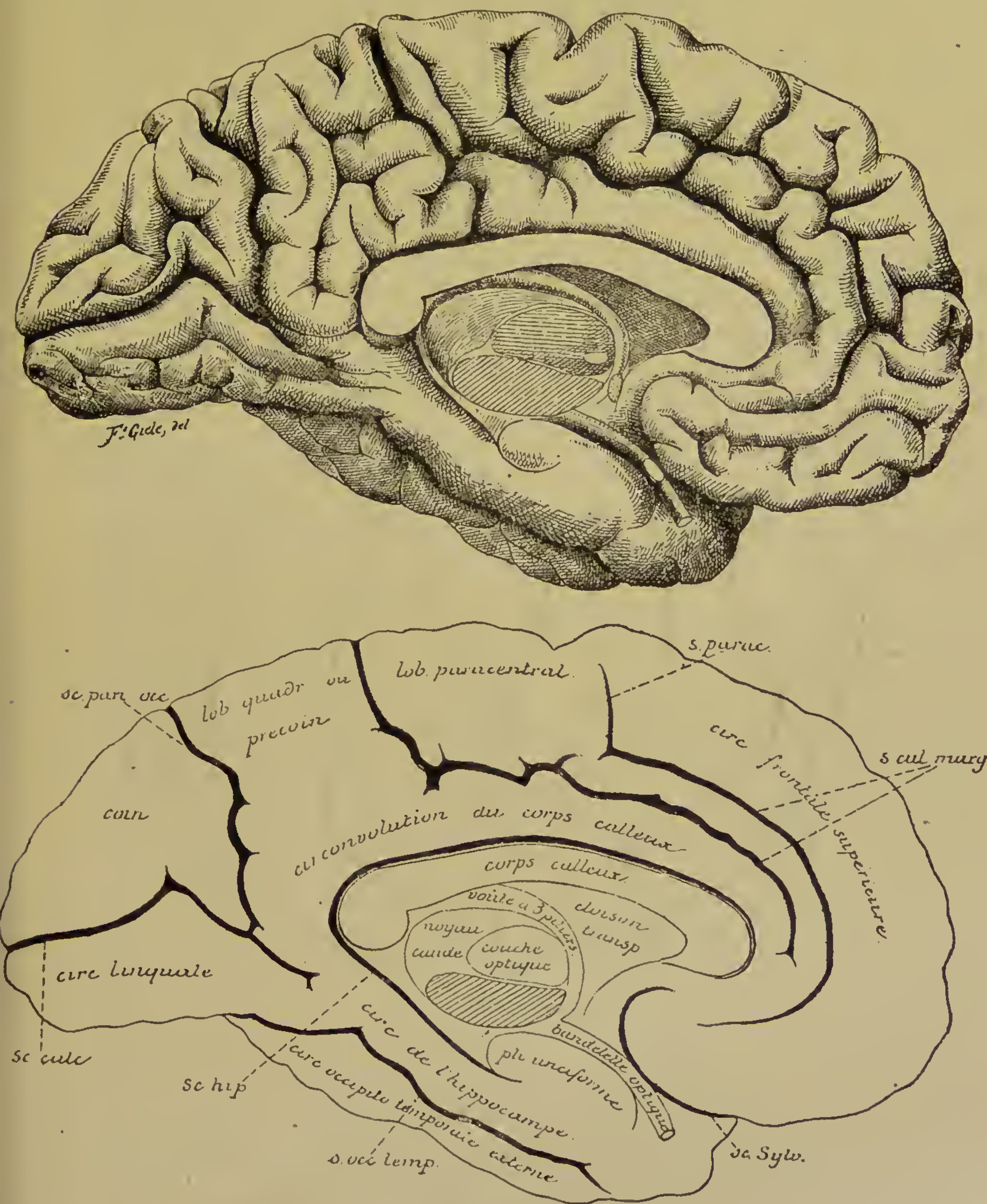


FIG. 70.
Face interne du cerveau terminal. Gr. nat. 2/3.
s. occ. temp. : Fissure calcarine.

a circonvolution occipito-temporale externe s'appelle aussi circonvolution fusiforme.

de la vésicule hémisphérique correspondante, refoulée vers la cavité ventriculaire, produit, sur la paroi inférieure du prolongement temporal du ventricule latéral, en dehors de la corne d'Ammon, une

FIG. 71.

Face inférieure du cerveau terminal. Gr. nat. 2/3.
s. occ. temp. : Fissure collatérale.

La circonvolution occipito-temporale externe s'appelle aussi circonvolution fusiforme.

saillie plus ou moins constante connue sous le nom de *éminence collatérale (eminentia collateralis)*.

La partie antérieure de cette fissure collatérale porte encore le nom de *fissure rhinique*.

Les sillons primaires divisent les hémisphères cérébraux en *lobes (lobi cerebri)* qui empruntent leurs noms, au moins pour ceux de la face externe et ceux de la face inférieure de chaque hémisphère, aux pièces osseuses du crâne auxquelles ils correspondent.

Cette division en lobes est surtout importante sur la face externe de l'hémisphère cérébral. Nous trouvons sur cette face trois sillons primaires : une partie de la *fissure de Sylvius*, le *sillon de Rolando* et une partie de la *fissure pariéto-occipitale*. Ces trois sillons délimitent quatre lobes.

La partie de chaque hémisphère située au-devant du sillon de ROLANDO constitue le *lobe frontal (lobus frontalis)*.

La partie de chaque hémisphère située en dessous de la fissure de SYLVIUS prend le nom de *lobe temporal* (*lobus temporalis*). Derrière le sillon de ROLANDO et au-dessus de la fissure de SYLVIUS existe le *lobe pariétal* (*lobus parietalis*). Il s'étend en arrière jusqu'à la *scissure perpendiculaire externe*, derrière laquelle se trouve le *lobe occipital* (*lobus occipitalis*). Enfin, au fond de la fissure de SYLVIUS existe l'*insula de Reil.*

Les limites de ces lobes sont peu précises : le lobe frontal se continue avec le lobe pariétal aux deux extrémités du sillon de ROLANDO ; le lobe pariétal et le lobe temporal se continuent directement avec le lobe occipital sans ligne de démarcation apparente. Cette division de la face externe des hémisphères en lobes est d'ailleurs purement conventionnelle. Elle ne repose en aucune façon sur l'organisation interne du cerveau terminal et a uniquement pour but de rendre l'orientation plus facile. C'est là toute sa valeur.

Cette division en lobes se retrouve encore sur la face inférieure des hémisphères cérébraux.

Nous avons vu que sur cette face existent quatre sillons primaires : une partie de la *fissure de Sylvius*, la *fissure de l'hippocampe*, la *fissure collatérale* et une partie de la *fissure calcarine*. La fissure de SYLVIUS établit la limite entre le *lobe orbitaire*, c'est-à-dire la face inférieure ou face orbitaire du *lobe frontal*, et le *lobe temporo-occipital*. La fissure de l'hippocampe et la fissure calcarine forment la limite interne du lobe temporo-occipital; elles le séparent du tronc cérébral en avant et de la face interne de l'hémisphère cérébral en arrière. La fissure collatérale ne délimite plus des lobes mais de simples circonvolutions.

Sur la face interne de chaque hémisphère cérébral on trouve

la *fissure calcarine*. une partie de la *fissure pariéto-occipitale*, la *fissure de l'hippocampe* et une partie de la *fissure collatérale*. Mais la division admise pour cette face repose à la fois sur les sillons primaires et sur les sillons secondaires.

B. **Sillons typiques secondaires.**

Chacun des lobes de la face externe et de la face inférieure des hémisphères est subdivisé en *circonvolutions* par des sillons typiques secondaires, accessoires ou incomplets. Il en est de même de toute l'étendue de la face interne.

Face externe des hémisphères cérébraux.

Lobe frontal (*lobus frontalis*). On distingue au lobe frontal trois faces : une face externe, une face inférieure et une face interne.

La face externe du lobe frontal correspond à toute la partie de la face externe des hémisphères cérébraux située au-dessus de la fissure de SYLVIUS et au devant du sillon de ROLANDO, FIG. 72. Elle est parcourue par trois sillons secondaires qui délimitent plus ou moins complètement quatre circonvolutions.

Le *sillon précentral* ou *prérolandique (sulcus praecentralis)* est situé à quelque distance au-devant du sillon de ROLANDO ; il a la même direction que ce dernier et il est le plus souvent interrompu dans son trajet. De ce sillon partent en avant deux autres sillons à direction antéro-postérieure : le *sillon frontal supérieur (sulcus frontalis superior)* et le *sillon frontal inférieur (sulcus frontalis inferior)*. Ils s'étendent depuis le sillon précentral jusqu'à l'extrémité antérieure ou pôle frontal des hémisphères.

Ces trois sillons décomposent la face externe du lobe frontal en quatre circonvolutions : la *circonvolution centrale antérieure (gyrus centralis anterior)*, appelée encore *circonvolution frontale ascendante*, comprise entre le sillon de ROLANDO ou sillon central et le sillon précentral ; la *circonvolution frontale supérieure (gyrus frontalis superior)* limitée par la fissure médiane interhémisphérique et le sillon frontal supérieur, FIG. 73 ; la *circonvolution frontale moyenne (gyrus frontalis medius)* limitée par le sillon frontal supérieur et le sillon frontal inférieur et la *circonvolution frontale inférieure (gyrus frontalis inferior)* comprise entre ce dernier sillon et la fissure de SYLVIUS. La circonvolution frontale moyenne est généralement subdivisée par un sillon

à direction antéro-postérieure en une *partie supérieure* (*pars superior*) et une *partie inférieure (pars inferior)* FIG. 78.

FIG. 72.
Face externe du cerveau terminal. Gr. nat. 2/3

Pas plus que la division des hémisphères en lobes, la division des lobes en circonvolutions n'est nette et précise. Toutes ces circonvolutions se continuent l'une avec l'autre par des parties amincies qui contournent les extrémités des sillons et qu'on appelle des *plis* ou des *circonvolutions de passage* (*gyri transitivi*). Les circonvolutions frontales supérieure, moyenne et inférieure se continuent en arrière avec la circonvolution centrale antérieure, de même qu'elles se continuent l'une avec l'autre sur la face inférieure du lobe frontal.

La circonvolution frontale inférieure mérite une description spéciale à cause de sa grande importance physiologique. Nous savons, en effet, depuis BROCA, que la circonvolution frontale inférieure du *côté gauche* doit être considérée comme le centre du langage articulé. On lui donne aussi le nom de *circonvolution de Broca.*

Elle part de l'extrémité inférieure de la circonvolution centrale antérieure, contourne le rameau antérieur ascendant et le rameau antérieur horizontal de la fissure de SYLVIUS et se trouve ainsi subdivisée en trois parties :

1° La *portion operculaire* (*pars opercularis*) ou *pied* de la circonvolution de BROCA située au-devant de l'extrémité inférieure de la circonvolution centrale antérieure ; elle est comprise entre le sillon précentral et le rameau vertical antérieur de la fissure de SYLVIUS.

Cette portion operculaire est souvent divisée en deux parties par un sillon oblique, parallèle au sillon précentral et s'étendant jusqu'à la fissure de SYLVIUS : c'est le *sillon diagonal* décrit par EBERSTALLER et RETZIUS, FIG. 72.

2° La *portion triangulaire* (*pars triangularis*) appelée encore *cap de la circonvolution de Broca* ; elle est comprise entre le rameau horizontal antérieur et le rameau vertical antérieur de la fissure de SYLVIUS. Le pli qui la relie à la portion operculaire, en contournant l'extrémité supérieure du rameau vertical antérieur, porte le nom de *pli sourcilier.*

3° La *portion orbitaire* (*pars orbitalis*) ; elle est située en dessous du rameau horizontal antérieur et se continue, sur la face inférieure de l'hémisphère, avec les circonvolutions orbitaires.

De ces trois parties de la circonvolution frontale inférieure, la portion operculaire seule doit être considérée comme le centre de la parole.

Lobe pariétal (*lobus parietalis*). On distingue deux faces au lobe pariétal : une face externe et une face interne.

La face externe du lobe pariétal correspond à la partie de la face convexe de chaque hémisphère circonscrite par le sillon de ROLANDO en avant, la fissure de SYLVIUS en bas et la fissure pariéto-occipitale en arrière. Elle répond à la face interne de l'os pariétal.

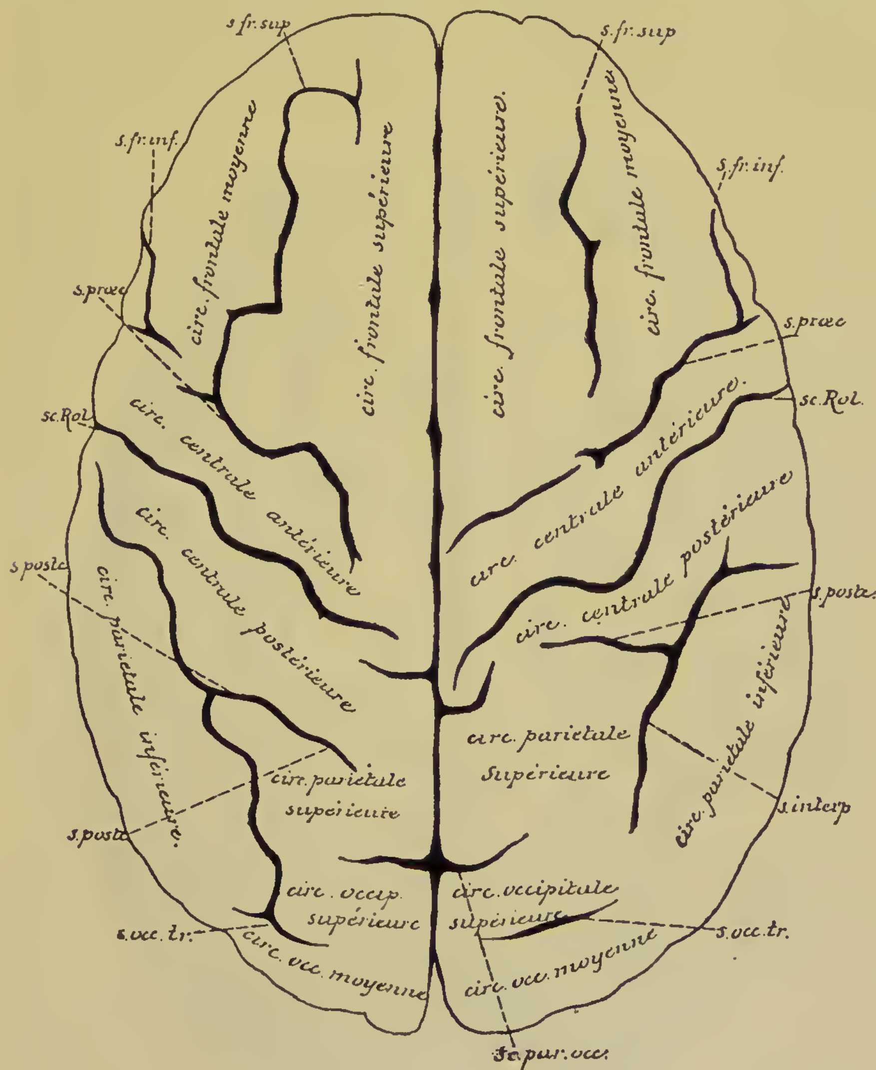


FIG. 73.

Cerveau terminal vu par sa face supérieure. Gr. nat. 2/3.

s. fr. sup. : Sillon frontal supérieur.
s. fr. inf. : Sillon frontal inférieur.
s. præc. : Sillon précentral.
sc. Rol. : Sillon de ROLANDO.
s. postc. : Sillon postcentral.
s. interp. : Sillon interpariétal.
s. occ. tr. : Sillon occipital transverse.
sc. par. occ. : Fissure pariéto-occipitale.

On trouve sur cette face deux sillons secondaires qui délimitent trois circonvolutions, FIG. 72, 73 et 74.

1° Le *sillon interpariétal* (*sulcus interparietalis*). Il commence près

du sommet de l'angle formé par le sillon de ROLANDO et la fissure de SYLVIUS, se dirige obliquement en haut et en arrière, puis se recourbe en arrière et s'étend jusque dans le lobe occipital. Au moment où il se recourbe, il émet une branche verticale qui continue la direction primitive et monte parallèlement au sillon de ROLANDO jusque près de la fissure médiane. Ce sillon collatéral est très souvent indépendant du sillon interpariétal ; il constitue :

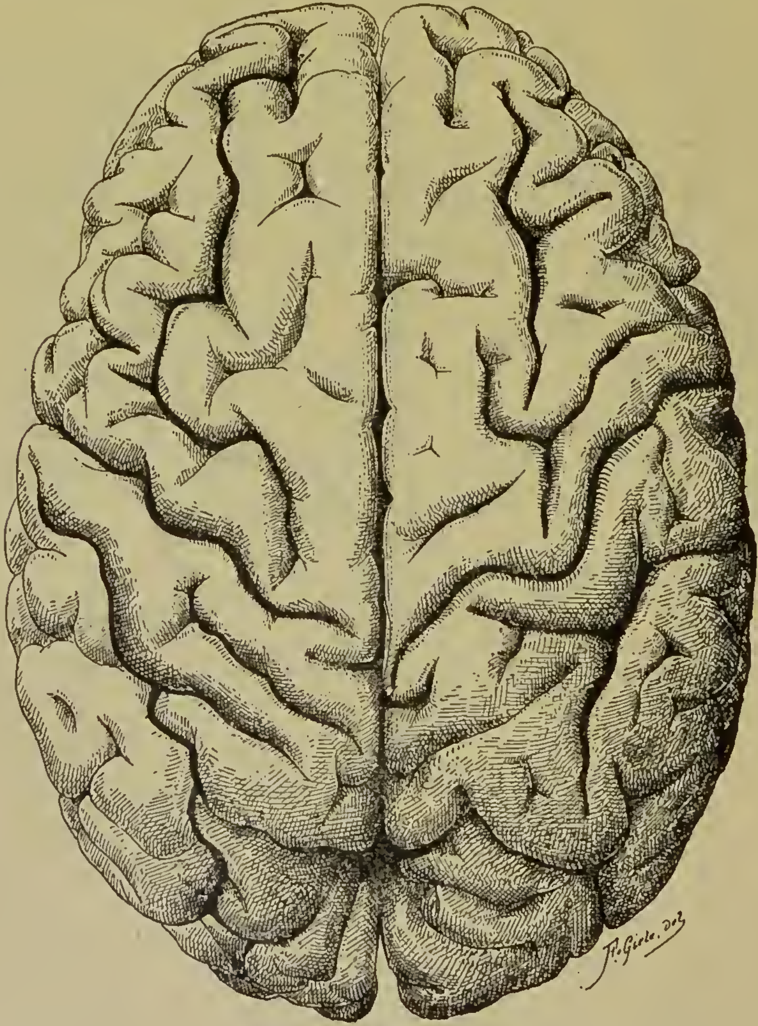


FIG. 74.

Cerveau terminal vu par sa face supérieure. Gr. nat. 2/3.

2° Le *sillon postcentral* ou *sillon postrolandique.*

Ces deux sillons divisent la face externe du lobe pariétal en trois circonvolutions :

1° La *circonvolution pariétale ascendante* ou *circonvolution centrale*

postérieure (*gyrus centralis posterior*) parallèle à la circonvolution centrale antérieure ; elle est comprise entre le sillon de ROLANDO, le sillon postrolandique et le commencement du sillon interpariétal. A son extrémité inférieure elle se continue, en avant, avec la circonvolution centrale antérieure et, en arrière, avec la circonvolution pariétale inférieure. Son extrémité supérieure communique avec la circonvolution centrale antérieure et avec la circonvolution pariétale supérieure.

3º La *circonvolution pariétale supérieure* ou *lobule pariétal supérieur* (*lobulus parietalis superior*) est située au-dessus du sillon interpariétal entre lui et la fissure médiane. Elle se continue en arrière avec la circonvolution occipitale supérieure.

3º La *circonvolution pariétale inférieure* ou *lobule pariétal inférieur (lobulus parietalis inferior)* comprise entre le sillon interpariétal et la fissure de SYLVIUS. Elle contourne en arrière l'extrémité postérieure de cette dernière fissure en formant un pli de passage qui la relie à la circonvolution temporale supérieure. Ce pli de passage porte le nom de *pli marginal* ou *circonvolution marginale supérieure (gyrus supramarginalis).*

Dans ce lobule pariétal inférieur pénètrent trois sillons : l'extrémité postérieure, souvent bifurquée, de la fissure de SYLVIUS ; l'extrémité postérieure, également bifurquée, du sillon temporal supérieur et une branche ascendante de l'extrémité postérieure du sillon temporal moyen.

Lobe occipital (lobus occipitalis). Le lobe occipital a la forme d'une pyramide triangulaire dont la base se continue avec le lobe pariétal et le lobe temporal et dont le sommet forme l'extrémité postérieure des hémisphères appelée *pôle occipital (polus occipitalis*). On distingue au lobe occipital une face interne, une face externe et une face inférieure.

La face interne sera décrite avec la face correspondante du lobe pariétal et du lobe frontal. La face inférieure se fusionne intimement avec la face correspondante du lobe temporal en formant le lobe temporo-occipital. La face externe constitue la partie de la face convexe de chaque hémisphère située en arrière de la fissure pariéto-occipitale. Elle se continue, sans ligne de démarcation précise, avec la face externe du lobe pariétal et du lobe temporal [1]). Les sillons

[1]) On prend généralement comme limite antérieure du lobe occipital la prolongation de la fissure perpendiculaire externe.

qui parcourent cette face sont très variables d'individu à individu. On peut cependant, sur la plupart des hémisphères, trouver deux sillons assez constants divisant la face externe en trois circonvolutions, FIG. 72 et 73.

1° Le *sillon occipital supérieur.* Il est situé à quelque distance en dehors de la fissure médiane et il présente une direction parallèle à cette fissure. Il n'est, le plus souvent, que le prolongement du sillon interpariétal dans le lobe occipital. Il se termine, dans le lobe occipital, par un petit sillon à direction transversale appelé le *sillon occipital transverse* (*sulcus occipitalis transversus*), *s. occ. tr.*

2° Le *sillon occipital inférieur* ou *sillon occipital latéral, s. oc. lat.* C'est un sillon à direction antéro-postérieure situé tout près du bord inférieur de la face externe du lobe occipital.

Ces deux sillons délimitent trois circonvolutions qui convergent toutes vers la pointe du lobe :

1° La *circonvolution occipitale supérieure.* Elle communique par un pli de passage contournant la fissure perpendiculaire externe avec la circonvolution pariétale supérieure.

2° La *circonvolution occipitale moyenne* se continuant en avant avec les circonvolutions temporales supérieure et moyenne et avec la circonvolution pariétale inférieure.

3° La *circonvolution occipitale inférieure* se continuant avec la circonvolution temporale inférieure.

Lobe temporal (*lobus temporalis*). On distingue au lobe temporal une face externe et une face inférieure.

La face externe correspond à la partie de la face convexe de chaque hémisphère située en dessous de la fissure de SILVIUS ; celle-ci sépare le lobe temporal du lobe frontal et d'une partie du lobe pariétal. Le lobe temporal n'est séparé du lobe occipital que par une ligne fictive : le prolongement en bas de la fissure perpendiculaire externe. La face externe de ce lobe est parcourue par deux sillons parallèles à la fissure de SYLVIUS. FIG. 72.

1° Le *sillon temporal supérieur* ou *sillon parallèle* (*sulcus temporalis superior*) et

2° Le *sillon temporal moyen* (*sulcus temporalis medius*).

Ces deux sillons délimitent trois circonvolutions :

1° La *circonvolution temporale supérieure* (*gyrus temporalis superior*). Elle limite en bas la fissure de SYLVIUS. Elle se continue, en arrière, avec la circonvolution pariétale inférieure au moyen du *pli marginal*

ou *circonvolution supra-marginale* (*gyrus supramarginalis*) qui contourne l'extrémité postérieure de la fissure de SYLVIUS. Le pli de passage qui contourne l'extrémité postérieure du sillon parallèle s'appelle le *pli courbe* ou *circonvolution angulaire* (*gyrus angularis*).

2° La *circonvolution temporale moyenne* (*gyrus temporalis medius*) et

3° La *circonvolution temporale inférieure* (*gyrus temporalis inferior*) se continuant toutes deux en arrière avec les circonvolutions occipitales.

Littérature.

W. HIS : *Die anatomische Nomenclatur* ; Archiv für Anatomie und Physiologie. Anatomische Abtheilung, 1895. Supplement-Band. — RETZIUS : *Das Menschenhirn* ; Stockholm, 1896.

CINQUIÈME LEÇON.

Le Cerveau terminal ou télencéphale.

Conformation externe du télencéphale. (*Suite*).

L'insula de Reil. Les sillons typiques secondaires et les circonvolutions qu'ils délimitent sur la face inférieure et sur la face interne de chaque hémisphère cérébral. Les sillons atypiques ou tertiaires. Situation des sillons primaires de la face convexe des hémisphères cérébraux par rapport aux sutures de la boite cranienne. Face inférieure du cerveau terminal uni au cerveau intermédiaire. Le rhinencéphale.

Nous avons vu, dans la dernière leçon, que les sillons qui parcourent la surface du cerveau terminal se divisent en sillons typiques ou constants et en sillons atypiques ou inconstants. Les sillons typiques eux-mêmes comprennent deux groupes importants : les sillons primaires, dont le plus grand nombre sont des sillons complets ou des *fissures*, et les sillons secondaires. Les sillons primaires, au nombre de six, divisent la surface des hémisphères en *lobes;* les sillons secondaires, beaucoup plus nombreux, subdivisent les lobes en circonvolutions.

Nous avons décrit les sillons secondaires et les circonvolutions qu'ils délimitent sur la face externe de l'hémisphère cérébral.

Il nous reste encore à voir les sillons secondaires de la partie de la face externe de l'hémisphère cérébral qui forme l'*insula*, ainsi que les sillons secondaires de la face inférieure et de la face interne de chaque hémisphère.

Lobe de l'insula de Reil. En écartant largement les deux bords de la fissure de Sylvius, on trouve, au fond de cette fissure, une partie repliée de l'écorce cérébrale parcourue par des sillons et des circonvolutions formant l'*insula de Reil.* Nous avons vu plus haut que, à un moment donné du développement embryonnaire, le fond de l'insula

formait une partie libre de la face externe des vésicules hémisphériques. A partir du troisième mois de la vie embryonnaire, cette partie de l'écorce cérébrale subit un retard dans son développement, au point qu'au sixième mois, FIG. 75, les parties voisines la débordent en

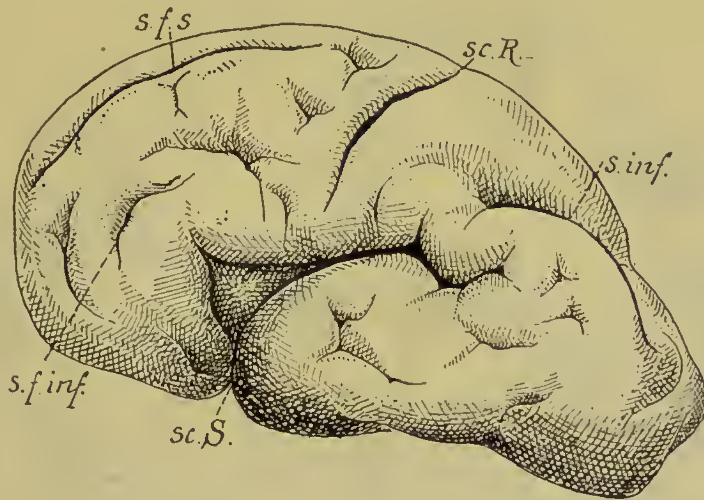


FIG. 75.

Face externe du cerveau terminal d'un embryon humain de 30 centimètres de longueur (environ 5 1/2 mois) montrant les sillons primaires ou fissures et quelques sillons secondaires. Gr. nat.

sc. S. : Fissure de SYLVIUS.
sc. R. : Sillon de ROLANDO.
s. f. s. : Sillon frontal supérieur.
s. f. inf. : Sillon frontal inférieur.
s. inf. : Sillon interpariétal.

avant, en haut et en arrière. Le lobe frontal, le lobe pariétal et le lobe temporal continuant à se développer recouvrent bientôt la partie de l'écorce cérébrale au niveau de l'insula et produisent, en se rencontrant, la profonde fissure de SYLVIUS. Les lèvres de cette fissure portent encore le nom d'*opercule (operculum)*. L'opercule inférieur est formé par une partie du lobe temporal *(pars temporalis operculi)* ; l'opercule supérieur est constitué à la fois par une partie du lobe frontal et par une partie du lobe pariétal *(pars parietalis operculi)* ; tandis que l'opercule antérieur, le plus court, appartient au lobe frontal *(pars frontalis operculi)*.

La situation de l'insula de REIL apparaît nettement sur une coupe frontale, FIG. 76, ou bien sur une coupe horizontale de tout le cerveau terminal faite vers la partie moyenne de la fissure de SYLVIUS. Ces coupes montrent le rapport intime qui existe entre l'insula de REIL et les ganglions gris de la base.

Pour étudier les sillons et les circonvolutions de ce lobe, il faut écarter largement, sur un cerveau frais, les deux lèvres de la fissure, ou bien enlever sur un cerveau durci les circonvolutions voisines, FIG. 77.

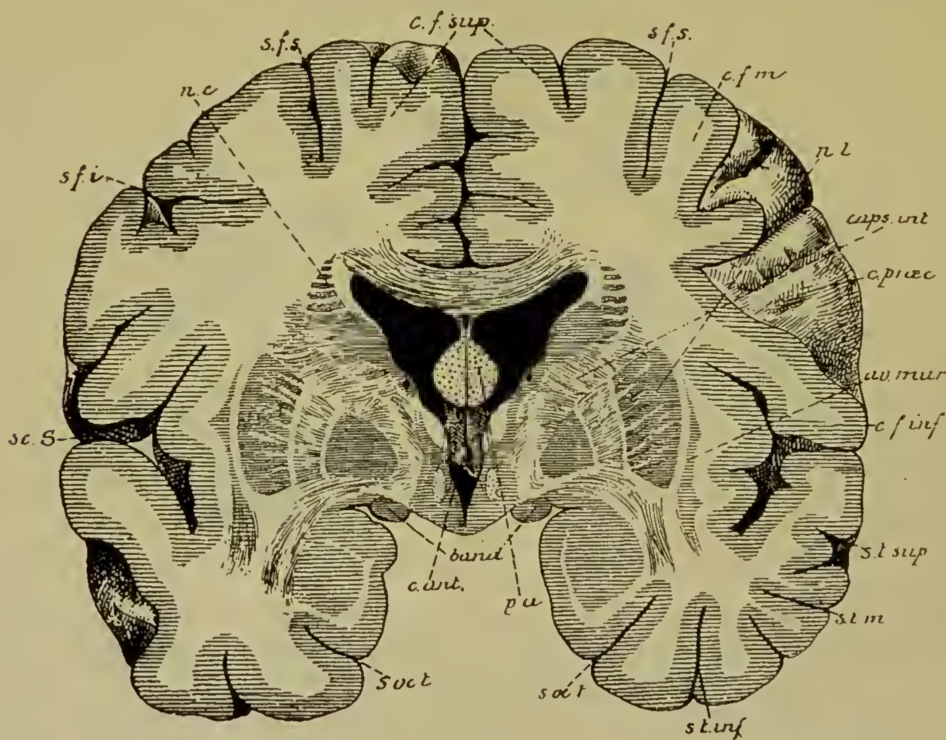


FIG. 76.

Coupe frontale du cerveau terminal passant par la fissure de SYLVIUS et montrant l'insula de REIL en rapport avec les ganglions de la base. Gr. nat. 3/4.

sc. S. : Fissure de SYLVIUS.
s. f. i. : Sillon frontal inférieur.
nc : Noyau caudé.
s. f. s. : Sillon frontal supérieur.
c. f. sup. : Circonvolution frontale supérieure.
c. f. m. : Circonvolution frontale moyenne.
n. l. : Noyau lenticulaire.
caps. int. : Capsule interne.
c. præc. : Sillon précentral.
av. mur : Avant-mur.
c. f. inf. : Circonvolution frontale inférieure.
s. t. sup. : Sillon temporal supérieur.
s. t. m. : Sillon temporal moyen.
s. t. inf. : Sillon temporal inférieur.
s. occ. t. : Sillon occipito-temporal ou fissure collatérale.
p. a. : Pilliers antérieurs de la voûte.
band. : Bandelettes optiques.
c. ant. : Commissure antérieure.

On voit alors, au fond de la fissure, un lobule de forme triangulaire séparé des parties voisines par le *sillon circulaire de Reil (sulcus circularis)*. Ce lobule est divisé en deux parties par un *sillon central* dirigé obliquement en bas et en avant. Ce sillon apparaît déjà vers la fin du sixième mois de la vie intra-utérine.

La partie antérieure ou *partie frontale* est plus volumineuse et plus large que la partie postérieure ou *partie pariéto-temporale*. La partie frontale est subdivisée en deux par un sillon *précentral*. Toute la partie de l'écorce cérébrale qui correspond à l'insula de REIL se trouve ainsi divisée en trois circonvolutions, lesquelles, réunies en bas et en avant au niveau du sommet ou du *pôle de l'insula* ou *pôle de Broca*, se dirigent en haut et en arrière en s'écartant l'une de l'autre.

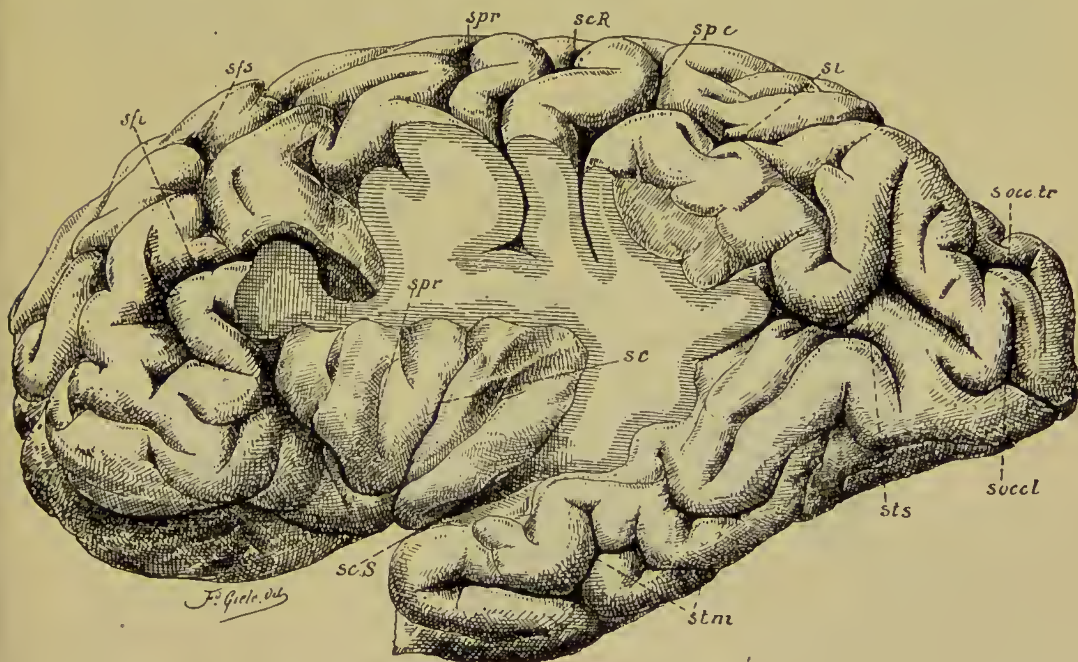


FIG. 77.

Face exterce de l'hémisphère cérébral gauche montrant les circonvolutions de l'insula du REIL. Gr. nat. 2/3.

On a enlevé la circonvolution temporale supérieure constituant l'opercule inférieur et une partie des deux circonvolutions centrales et de la circonvolution pariétale inférieure formant l'opercule supérieur.

sfi : Sillon frontal inférieur.
sfs : Sillon frontal supérieur.
spr : Sillon précentral.
sc. R. : Sillon de ROLANDO.
spc : Sillon postcentral.
si : Sillon interpariétal.
s. occ. tr. : Sillon occipital transverse.
s. occ. l. : Sillon occipital latéral.
sts : Sillon temporal supérieur.
stm : Sillon temporal moyen.
sc. S. : Fissure de SYLVIUS.
sc : Sillon central de l'insula de REIL.
spr : Sillon précentral de l'insula.

Face inférieure de l'hémisphère cérébral.

La face inférieure de chaque hémisphère cérébral est divisée en deux lobes par la partie transversale de la fissure de SYLVIUS : le *lobe orbitaire* et le *lobe temporo-occipital*.

Lobe orbitaire. On donne le nom de lobe orbitaire à la face inférieure du lobe frontal reposant sur la face supérieure de la portion orbitaire de l'os frontal. Cette face inférieure du lobe frontal, FIG. 79, s'étend depuis l'extrémité antérieure de chaque hémisphère, appelée aussi *pôle frontal (polus frontalis)*, jusqu'à la partie traversale de la fissure de SYLVIUS. Cette face n'est pas plane, elle est concave dans le sens transversal, FIG. 78. Sa partie externe, légèrement déprimée, correspond à la portion orbitaire du frontal; sa partie interne plus

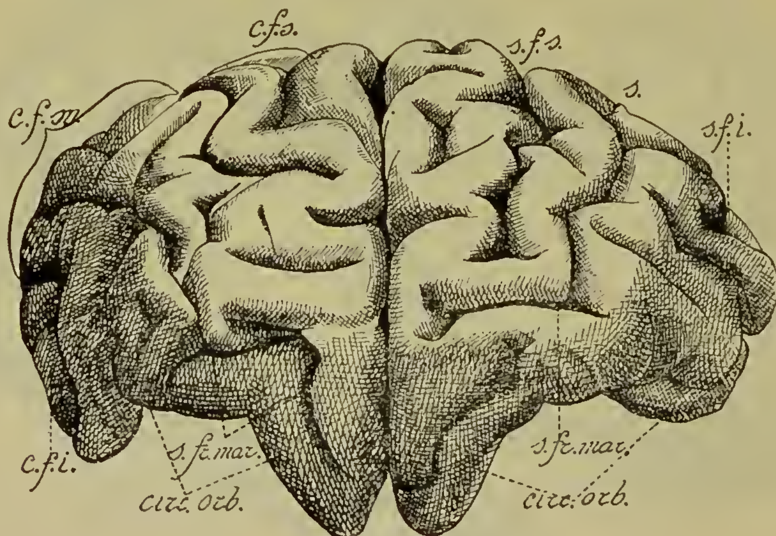


FIG. 78.

Cerveau terminal vu par son extrémité antérieure. Gr. nat. 3/4.

c. f. s. : Circonvolution frontale supérieure.
c. f. m. : Circonvolution frontale moyenne.
c. f. i. : Circonvolution frontale inférieure.
s. f. s. : Sillon frontal inférieur.
s : Sillon intermédiaire divisant la circonvolution frontale moyenne en une partie supérieure et une partie inférieure
s. f. t. : Sillon frontal inférieur.
s. fr. mar. : Sillon fronto-marginal de WERNICKE.
circ. orb. : Circonvolutions orbitaires.

ou moins fortement saillante, s'enfonce dans la fosse ethmoïdale. Sur cette partie interne court la bandelette olfactive terminée par le bulbe olfactif. Sur la partie externe on retrouve les trois circonvolutions frontales de la face externe, que l'on appelle *circonvolutions orbitaires (gyri orbitales)*, séparées l'une de l'autre par les *sillons orbitaires (sulci orbitales)*.

La circonvolution frontale supérieure est devenue ici la circonvolution orbitaire interne ; elle longe la grande fissure médiane interhé-

misphérique. Elle est parcourue par un sillon profond, le *sillon olfactif (sulcus olfactorius)* ou *sillon droit*, dans lequel repose la bandelette olfactive avec le bulbe olfactif. Ce sillon sépare de cette circonvolution frontale une partie interne qui prend le nom de *circonvolution droite (gyrus rectus)*.

La circonvolution frontale moyenne ne s'étend que jusque vers le milieu de la face orbitaire du lobe frontal, tandis que la circonvolution frontale inférieure, devenue externe, s'étend jusqu'à la fissure de SYLVIUS. On trouve, entre ces trois circonvolutions, un sillon en forme de H appelé *sillon crucial*.

Les circonvolutions frontales de la face externe du lobe frontal ne se continuent pas directement avec les circonvolutions de la face inférieure du même lobe, mais elles en sont séparées par un sillon horizontal, plus ou moins étendu, existant sur le lobe frontal au niveau de son extrémité antérieure, c'est le *sillon fronto-marginal* de WERNICKE, FIG. 78.

Lobe temporo-occipital. La face inférieure du lobe temporal se continue, sans ligne de démarcation, avec la face inférieure du lobe occipital constituant le lobe *temporo-occipital*, FIG. 79 et 80. Ce lobe s'étend, à la face inférieure de chaque hémisphère, depuis l'extrémité antérieure du lobe temporal ou *pôle temporal (polus temporalis)* jusqu'à l'extrémité postérieure du lobe occipital ou *pôle occipital ;* il se trouve limité en dedans par la fissure de l'hippocampe, qui le sépare du pédoncule cérébral en avant, et par la fissure calcarine qui le sépare de la face interne de l'hémisphère cérébral en arrière.

Le lobe temporo-occipital est divisé par la *fissure collatérale,* appelée quelquefois encore *sillon occipito-temporal*, en une partie externe et une partie interne.

La partie externe du lobe temporo-occipital est parcourue par un sillon à direction antéro-postérieure, le *sillon temporal inférieur (sulcus temporalis inferior)*. Ce sillon délimite deux circonvolutions :

1° La *circonvolution temporale inférieure (gyrus temporalis inferior)* formant le bord externe du lobe temporo-occipital et empiétant à la fois sur la face externe et sur la face inférieure de ce lobe.

2° La *circonvolution fusiforme (gyrus fusiformis),* appelée quelquefois encore *circonvolution occipito-temporale externe,* comprise entre le sillon temporal inférieur et la fissure collatérale.

La partie interne du lobe temporo-occipital est limitée par la fissure collatérale en dehors, — nous avons vu que la partie antérieure

de cette fissure porte encore le nom de *fissure rhinique* — par la fissure calcarine et la fissure de l'hippocampe en dedans. On la trouve en partie sur la face inférieure et en partie sur la face interne de chaque

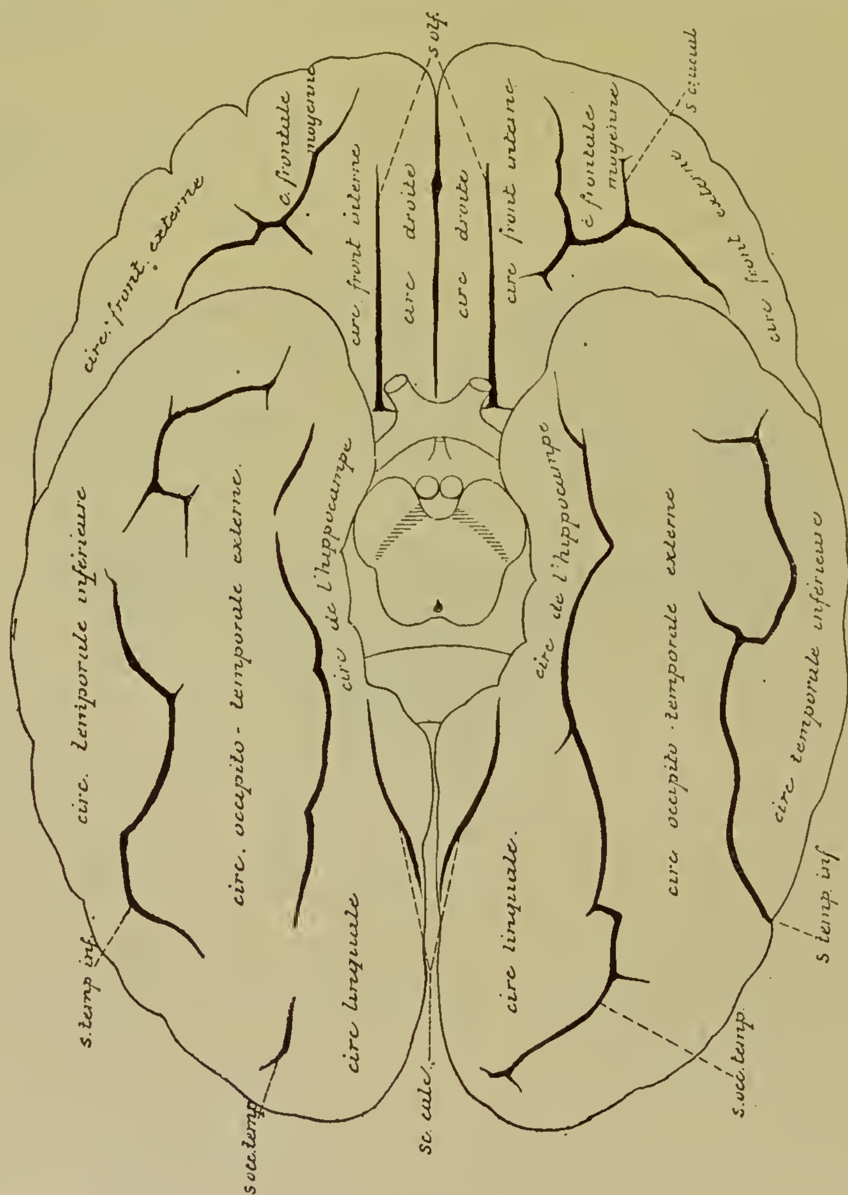


FIG. 79.

Face inférieure du cerveau terminal. Gr. nat. 2/3.
s occ. temp. : Fissure collatérale.

La circonvolution occipito-temporale externe s'appelle aussi circonvolution fusiforme.

hémisphère, depuis le pôle occipital jusqu'au pôle temporal. Le long de la fissure calcarine, cette partie interne, très large, empiète sur la face interne des hémisphères et porte le nom de *circonvolution linguale*

(gyrus lingualis). Elle se rétrécit au niveau du bourrelet du corps calleux, puis s'élargit de nouveau le long de la fissure de l'hippocampe où elle prend le nom de *circonvolution de l'hippocampe (gyrus hippocampi)*.

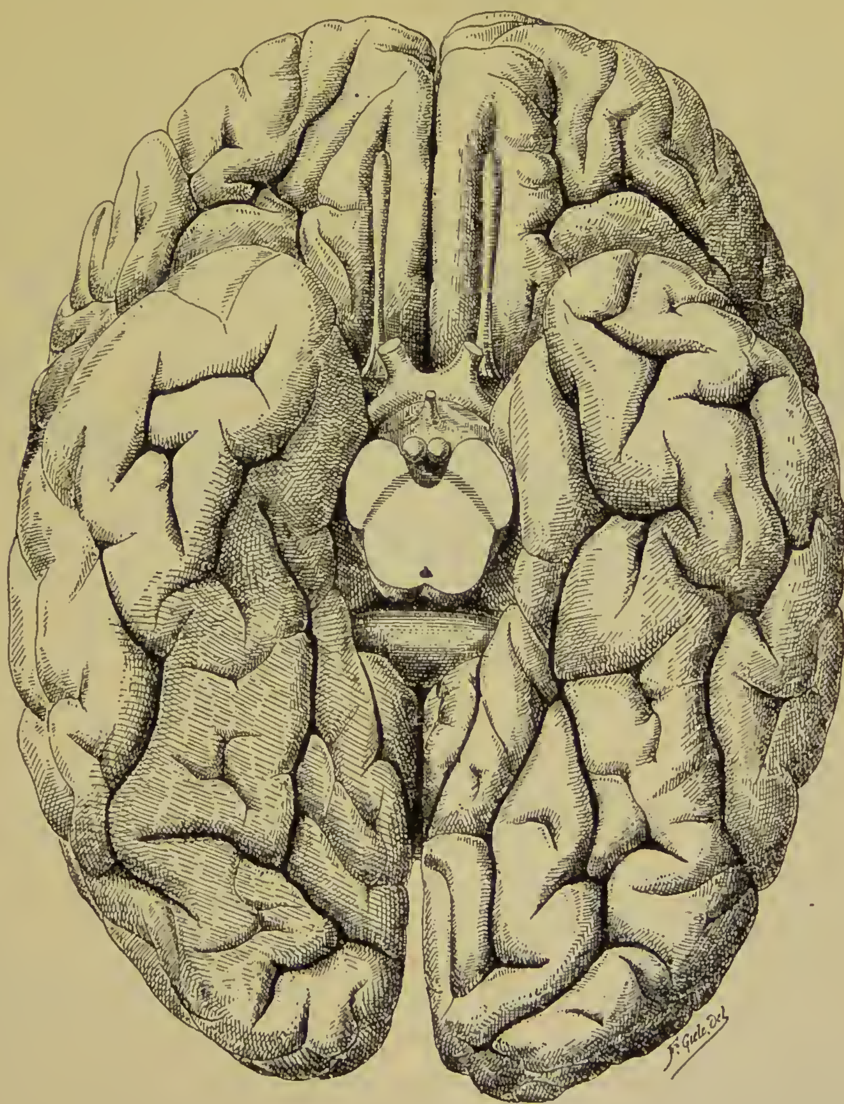


FIG. 80.
Face inférieure du cerveau terminal. Gr. nat. 2/3.

Cette circonvolution de l'hippocampe présente, dans sa partie antérieure, un aspect spécial, tout à fait caractéristique. Elle est comme chagrinée : quand on enlève la pie-mère qui la recouvre, on voit cette circonvolution parsemée de petites saillies serrées les unes contre les autres, FIG. 81 et 86, dont la signification nous est complètement inconnue. Cette particularité de la circonvolution de l'hippocampe, sur laquelle RETZIUS a appelé le premier l'attention, a été observée par nous sur tous les cerveaux examinés à cet effet.

A son extrémité antérieure, la circonvolution de l'hippocampe s'élargit considérablement, puis se recourbe en dedans et un peu en arrière en formant un crochet nettement accentué, connu sous le nom

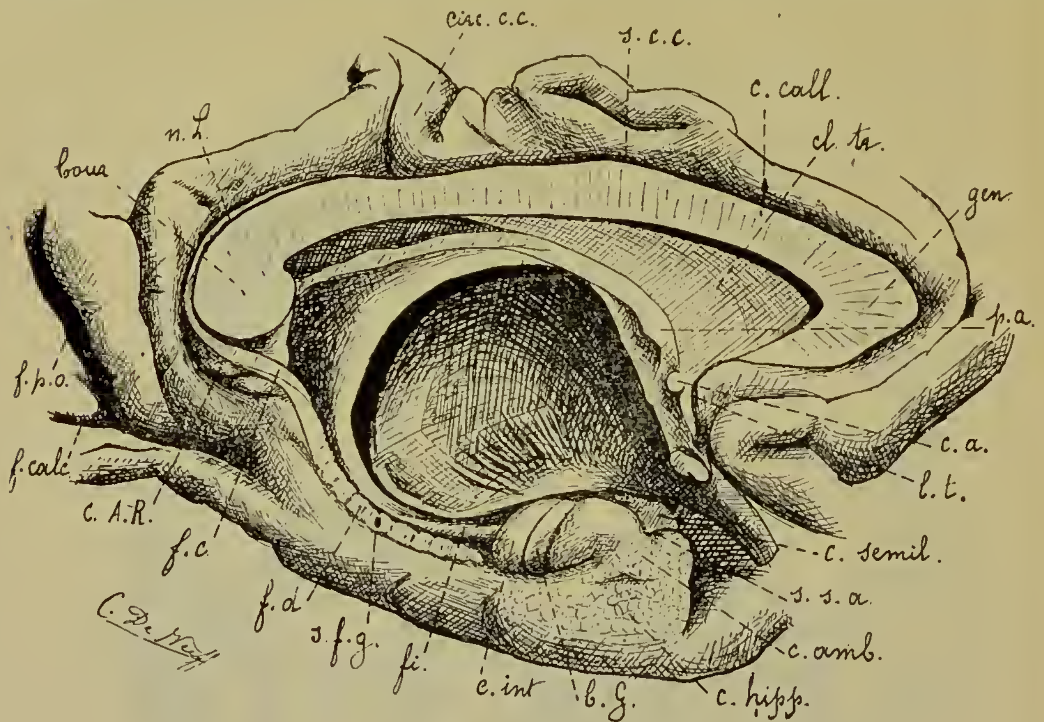


FIG. 81.

Partie d'une section médiane de l'encéphale, après l'enlèvement de la couche optique. Gr. nat.

gen. : Genou du corps calleux.
cl. tr. : Cloison transparente.
s. c. c. : Sillon du corps calleux.
circ. d. c. c. : Circonvolution du corps calleux.
n. L. : Nerf de Lancisi.
bour. : Bourrelet du corps calleux.
f. p.o. : Fissure pariéto-occipitale.
f. calc. : Fissure calcarine.
c. A. R. : Circonvolutions d'André Retzius.
f. c. : Fasciola cinerea.
f. d. : Faisceau denté.
s. f. g. : Sillon fimbrio-godronné.
fi : Fimbria.
c. int : Circonvolution intralimbique.
b. G. : Bandelette de Giacomini.
c. hipp. : Circonvolution de l'hippocampe.
c. amb : Circonvolution ambiante.
s. s. a. : Sillon semi-annulaire.
c. semil : Circonvolution semi-lunaire.
pa : Pilier antérieur de la voûte.
com. a. : Commissure antérieure.
lt : Lame terminale.

de *repli unciforme* ou *crochet de la circonvolution de l'hippocampe (uncus gyri hippocampi)*. Ce repli unciforme est généralement croisé par un petit cordon gris, lequel, d'après les recherches de Giacomini, constitue la partie terminale du faisceau denté, FIG. 81.

En soulevant en dehors la circonvolution de l'hippocampe pour pénétrer dans la fissure de l'hippocampe, on tombe sur une lamelle grise, d'un aspect mamelonné, appelée le *corps godronné* ou le *faisceau denté de l'hippocampe (fascia dentata hippocampi)*, FIG. 81. On décrit généralement ce faisceau denté avec les éléments constitutifs du prolongement temporal du ventricule latéral, mais, comme le font remarquer à juste titre Mr et Mme DEJERINE, « ce faisceau denté fait partie d'une véritable circonvolution annulaire, la *circonvolution godronnée* de MATHIAS DUVAL. Elle constitue une petite circonvolution avortée, irrégulièrement développée, laquelle représente le véritable *bord d'arrêt de l'écorce cérébrale.* »

Ce faisceau denté longe, en dehors, une mince lamelle blanche connue sous le nom de *fimbria*. Ces deux parties sont séparées l'une de l'autre par un léger sillon : le *sillon fimbrio-godronné* (DEJERINE). Arrivé dans le voisinage du bourrelet du corps calleux, le faisceau denté se sépare de la fimbria ; celle-ci se continue, sur la face inférieure du corps calleux, avec le pilier postérieur correspondant du trigone cérébral, tandis que le faisceau denté, devenu lisse et régulier, contourne le bourrelet du corps calleux, pour se continuer, sur la face supérieure de ce corps, avec les *nerfs de Lancisi*. Au niveau du bourrelet du corps calleux, le faisceau denté prend le nom de *fasciola cinerea*.

REZIUS admet que le faisceau denté se termine en pointe à la face inférieure du corps calleux et que la fasciola grise est une circonvolution nouvelle, la *circonvolution fasciolaire*, se prolongeant quelquefois, au fond du sillon fimbrio-godronné, jusqu'à la pointe de la circonvolution unciforme appelée par RETZIUS *circonvolution intralimbique*. En dessous du corps calleux, le faisceau denté et la fasciola cinerea, séparés souvent l'un de l'autre par le *sillon dentato-fasciolaire* de RETZIUS, ne feraient que s'accoler ; ces deux circonvolutions accolées ou même fusionnées constituent la *fasciola cinerea* des auteurs.

A son extrémité postérieure le faisceau denté se continue donc avec la *fasciola cinerea* et, par là, se rend sur la face supérieure du corps calleux. A son extrémité antérieure, au contraire, d'après les recherches de GIACOMINI, le faisceau denté devenu lisse et régulier sort de la fissure de l'hippocampe, croise transversalement le crochet ou l'*uncus* sous le nom de *bandelette de l'uncus* ou *bandelette de* GIACOMINI pour se terminer, sur la face inférieure de la circonvolution de l'hippocampe, dans une saillie ovalaire occupant le bord interne de cette circonvolution et que RETZIUS propose de désigner sous le nom de *circonvolution simi-lunaire*.

Nous avons vu plus haut que la bandelette de GIACOMINI croise transversalement le crochet de la circonvolution de l'hippocampe. Ainsi que le fait ressortir RETZIUS, il est impossible d'admettre que ce crochet fasse partie, dans sa totalité, de la circonvolution de l'hippocampe. Le faisceau denté et la bandelette de GIACOMINI représentent, en effet, une circonvolution avortée. Si l'on considère la circonvolution unciforme comme la partie terminale de la circonvolution de l'hippocampe, nous nous trouvons en présence de ce fait étrange de deux circonvolutions qui se croisent. D'après RETZIUS, la partie de l'uncus située au devant de la bandelette appartient seule à la circonvolution de l'hippocampe; le léger sillon qui limite cette bandelette en avant doit être regardé morphologiquement comme la partie terminale de la fissure de l'hippocampe. Le faisceau denté et la bandelette de GIACOMINI représentent la circonvolution godronnée; celle-ci est limitée en dedans par le sillon fimbrio-godronné. La partie du crochet située en arrière de la bandelette appartiendrait à une autre circonvolution : la *circonvolution intralimbique* de RETZIUS, circonvolution en forme de capuchon, formée d'un amas de substance grise recouverte par une mince couche de fibres blanches venant de la fimbria. Cette circonvolution s'appelle intralimbique à cause de sa situation en arrière de la bandelette de GIACOMINI, que RETZIUS désigne sous le nom de *limbe de Giacomini*. Elle est située au fond du sillon fimbrio-godronné et se prolonge dans ce sillon, plus ou moins loin en arrière, pour s'y continuer avec la fimbria.

La fimbria, à son extrémité antérieure, touche le bord postérieur de la circonvolution intralimbique. A ce niveau, son bord externe se continue avec une mince membrane de forme triangulaire qui recouvre et qui ferme l'extrémité antéro-interne de la corne inférieure du ventricule latéral en se continuant insensiblement avec la *lamina chorioidea* ; c'est le *velum terminale de Aeby*.

Face interne de l'hémisphère cérébral.

La face interne de chaque hémisphère, FIG. 82, appartient à la fois au lobe frontal, au lobe pariétal, au lobe occipital et même au lobe temporal. Mais, tandis que la fissure pariéto-occipitale sépare nettement l'un de l'autre le lobe occipital du lobe pariétal et que la fissure de l'hippocampe avec la fissure calcarine limitent en dedans le lobe temporo-occipital, il n'y a pas de ligne de démarcation précise entre le lobe pariétal et le lobe frontal.

Cette face présente quatre sillons primaires ou fissures que nous avons décrits plus haut :

1º La fissure calcarine, *sc. calc.* ;

2º La partie interne de la fissure pariéto-occipitale ou fissure perpendiculaire interne, *sc. pari. occ.* ;

3º La fissure de l'hippocampe et

4º La partie antérieure de la fissure collatérale.

Ces deux dernières fissures sont visibles également sur la face inférieure de l'hémisphère correspondant.

En dessous de la fissure calcarine apparaît la circonvolution linguale. Entre la fissure de l'hippocampe et la partie antérieure de la fissure collatérale on voit la circonvolution de l'hippocampe dont la partie antérieure renflée et recourbée sur elle-même porte le nom de *crochet.*



FIG. 82.

Face interne du cerveau terminal. Gr. nat. 2/3.
s. occ. temp. : Fissure collatérale.
La circonvolution occipito-temporale externe s'appelle aussi circonvolution fusiforme.

La fissure calcarine et la fissure pariéto-occipitale délimitent un lobule triangulaire qu'on appelle le *coin (cuneus).* La partie postérieure et inférieure du coin contourne quelquefois l'extrémité postérieure de la fissure calcarine et se continue avec la circonvolution linguale au moyen d'un pli de passage qui constitue la *circonvolution descendante (gyrus descendens).*

Toute la partie de la face interne de l'hémisphère cérébral placée au-devant de la fissure pariéto-occipitale appartient au lobe frontal et au lobe pariétal. Elle est séparée du corps calleux par un sillon profond, le *sillon du corps calleux (sulcus corporis callosi),* et est parcourue par un sillon secondaire, le *sillon calloso-marginal (sulcus cinguli),* qui commence en dessous du genou du corps calleux et court parallèlement à ce dernier, environ à mi-chemin entre lui et le bord libre des hémisphères. Près de l'extrémité postérieure du

corps calleux, ce sillon s'infléchit en haut et se termine au bord supérieur de l'hémisphère. Un peu au-devant de l'endroit où le sillon calloso-marginal s'infléchit vers ce bord, il émet une petite branche collatérale appelée *sillon paracentral.*

On distingue à ce sillon calloso-marginal deux parties : une partie *subfrontale (pars subfrontalis)* et une *partie marginale (pars marginalis).*

La partie de la face interne des hémisphères, comprise entre le sillon du corps calleux et le sillon calloso-marginal, forme la *circonvolution du corps calleux* (*gyrus cinguli*). Celle-ci s'amincit considérablement en dessous de l'extrémité antérieure ou genou du corps calleux,

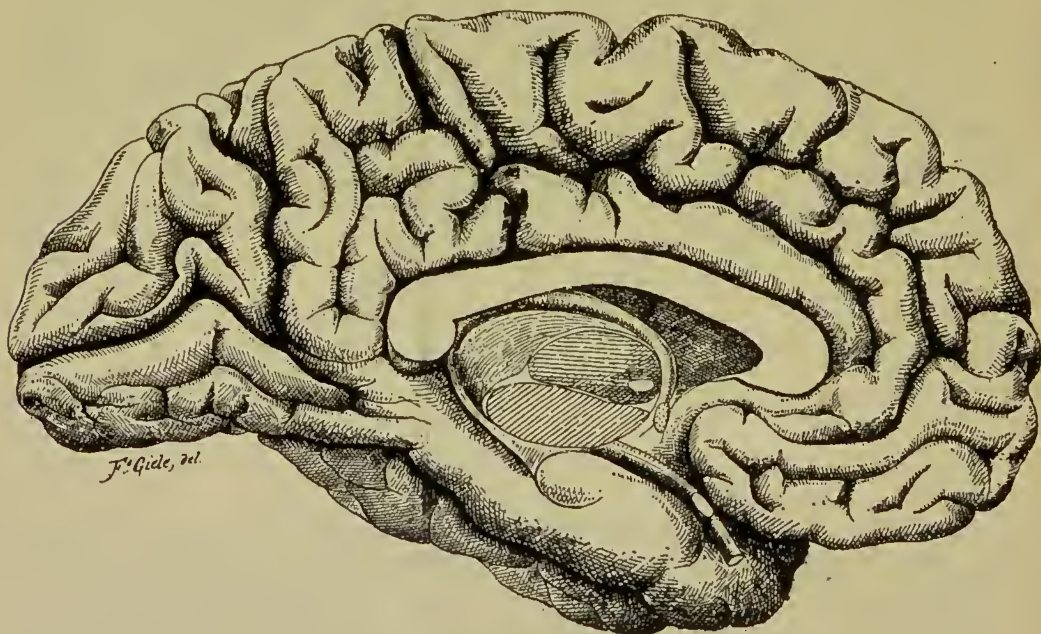


FIG. 83.
Face interne du cerveau terminal. Gr. nat. 2/3.

pour se continuer avec la circonvolution olfactive interne. C'est là la disposition typique, souvent cachée par des sillons tertiaires (RETZIUS). Au niveau de l'extrémité postérieure ou bourrelet du corps calleux, cette circonvolution, considérablement amincie, prend le nom de *isthme de la circonvolution du corps calleux* et se continue ensuite avec l'extrémité postérieure de la circonvolution de l'hippocampe.

Entre la fissure pariéto-occipitale et la partie terminale du sillon calloso-marginal, on trouve un lobule plus ou moins quadrilatère, séparé de la circonvolution du corps calleux par un sillon inconstant, le *sillon sous-pariétal* (*sulcus subparietalis*) ; c'est le *précoin* (*praecuneus*) ou *lobule quadrilatère.*

Entre la partie terminale du sillon calloso-marginal et le sillon paracentral qui en provient existe encore un lobule quadrilatère; celui-ci correspond à l'extrémité supérieure des deux circonvolutions centrales de la face externe des hémisphères : c'est le *lobule paracentral* (*lobulus paracentralis*). Enfin, au-devant de ce lobule et au-dessus du sillon calloso-marginal, nous avons la face interne de la circonvolution frontale supérieure.

La circonvolution du corps calleux et la circonvolution de l'hippocampe décrivent, par leur ensemble, une grande courbe à concavité antérieure et inférieure contournant le corps calleux et le pédoncule cérébral. Ces deux circonvolutions réunies forment le *grand lobe limbique de Broca* ou la *circonvolution de l'ourlet* (*gyrus fornicatus*). Ce lobe limbique est limité, d'avant en arrière, par la partie sous-frontale du sillon calloso-marginal qui le sépare des circonvolutions orbitaires, par la partie marginale du même sillon qui le sépare de la face interne de la circonvolution frontale supérieure et du lobule paracentral, par le sillon sous-pariétal qui le délimite vis-à-vis du précoin, par la fissure pariéto-occipitale et la fissure calcarine qui le séparent du coin et du lobule lingual et par la partie antérieure de la fissure collatérale qui établit sa limite vis-à-vis de la circonvolution fusiforme.

Le lobe limbique comprend quatre parties :

1° la *circonvolution du corps calleux* (*gyrus cinguli*) ou *première circonvolution limbique* comprise entre le sillon calloso-marginal (*sulcus cinguli*) et le sillon du corps calleux (*sulcus corporis callosi*). Arrivée en dessous du bourrelet du corps calleux, cette circonvolution se rétrécit considérablement et forme

2° l'*isthme de la circonvolution du corps calleux* (*isthmus gyri fornicati*), puis elle se continue avec

3° la *circonvolution de l'hippocampe* (*gyrus hippocampi*) ou *deuxième circonvolution limbique*, laquelle se termine par

4° la partie du *crochet de la circonvolution de l'hippocampe* (*uncus gyri hippocampi*) située au-devant de la bandelette de Giacomini.

Quand on soulève la première circonvolution limbique, pour pénétrer dans le sillon qui la sépare de la face supérieure du corps calleux ou *sillon du corps calleux*, on tombe sur une mince lamelle grise recouvrant, de chaque côté de la ligne médiane, la face convexe du corps calleux ; c'est le *voile gris* ou *indusium gris* qui représente la continuation de la *fasciola cinerea*. Cette mince lamelle grise se

continue en dehors avec l'écorce grise de la circonvolution du corps calleux ; quand on enlève cette circonvolution, le voile gris présente un bord latéral irrégulier appelé *strie longitudinale latérale* (*stria longitudinalis lateralis* ou *taenia tecta*). Cette lamelle grise est limitée

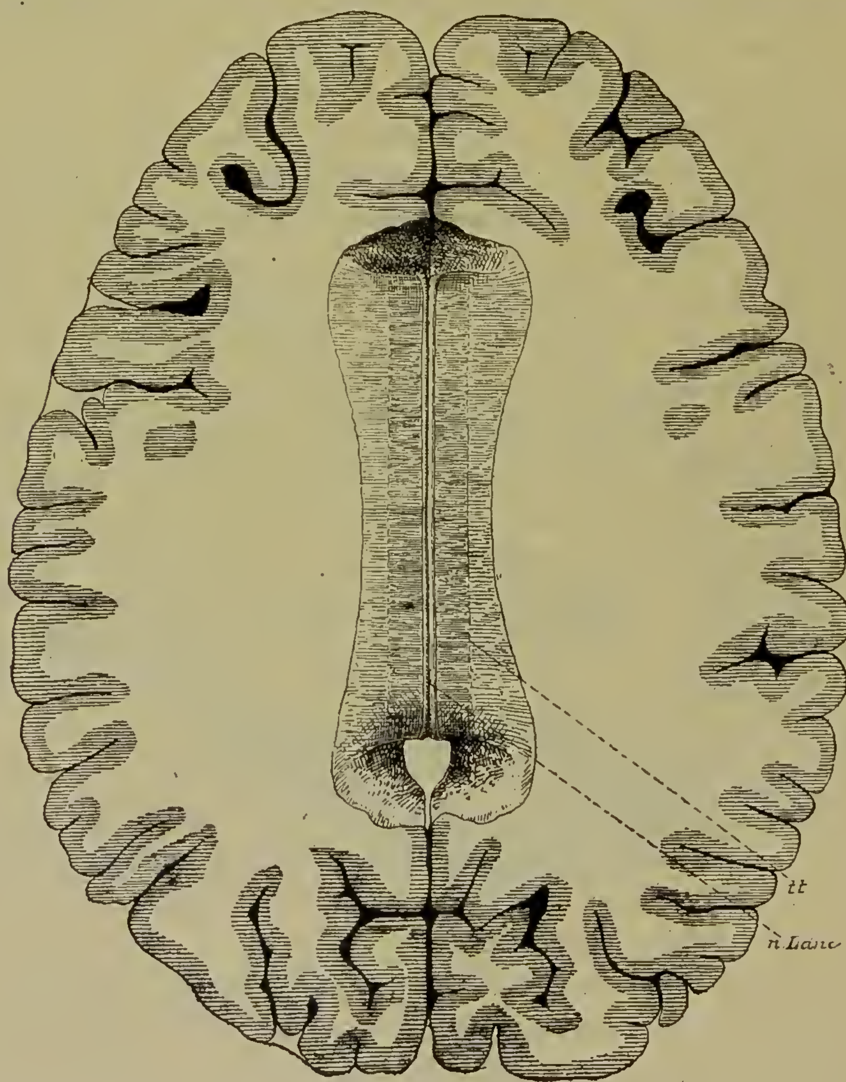


FIG. 84.

Coupe horizontale du cerveau terminal au niveau de la face supérieure du corps calleux. Gr. nat. 2/3.

n. Lanc. : Nerfs de Lancisi ou stries longitudinales médianes.
tt. : Tœnia tecta ou stries longitudinales latérales.

en dedans, tout près de la ligne médiane, par un bord blanc légèrement épaissi : la *strie longitudinale médiane* (*stria longitudinalis medialis*) appelée quelquefois encore *nerf de Lancisi*, FIG. 84.

Nous avons vu que, quand on écarte la circonvolution de l'hippo-

campe ou deuxième circonvolution limbique du pédoncule cérébral voisin, on trouve au fond de la fissure de l'hippocampe une circonvolution avortée portant le nom de *faisceau denté (fascia dentata)*, *corps godronné* ou *circonvolution godronnée*. Cette circonvolution, limitée en

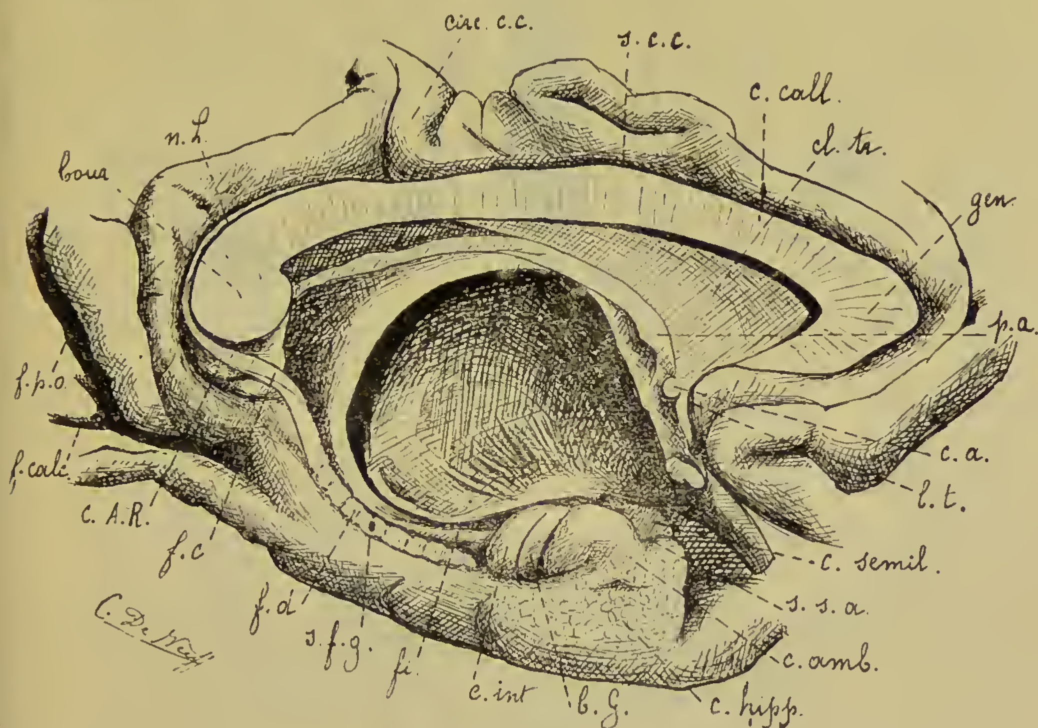


FIG. 85.

Partie d'une section médiane de l'encéphale, après l'enlèvement de la couche optique. Gr. nat.

gen. : Genou du corps calleux.
cl. tr. : Cloison transparente.
s. c. c. : Sillon du corps calleux.
circ. d. c. c. : Circonvolution du corps calleux.
n. L. : Nerf de Lancisi.
bour. : Bourrelet du corps calleux.
f. p.o. : Fissure pariéto-occipitale.
f. calc. : Fissure calcarine.
c. A. R. : Circonvolutions d'André Retzius.
f. c. : Fasciola cinerea.
f. d. : Faisceau denté.
s. f. g. : Sillon fimbrio-godronné.
fi : Fimbria.
c. int : Circonvolution intralimbique.
b. G. : Bandelette de Giacomini.
c. hipp. : Circonvolution de l'hippocampe.
c. amb : Circonvolution ambiante.
s. s. a. : Sillon semi-annulaire.
c. semil : Circonvolution semi-lunaire.
pa : Pilier antérieur de la voûte.
com. a. : Commissure antérieure.
lt : Lame terminale.

dedans par le sillon fimbrio-godronné qui la sépare de la fimbria, représente, sur la face inférieure de l'hémisphère cérébral, le bord d'arrêt de l'écorce grise du cerveau terminal.

L'indusium gris avec la *fasciola cinerea* représentent de même, sur la face interne de l'hémisphère cérébral, le bord d'arrêt de l'écorce grise du cerveau terminal. La *fasciola cinerea* contourne,

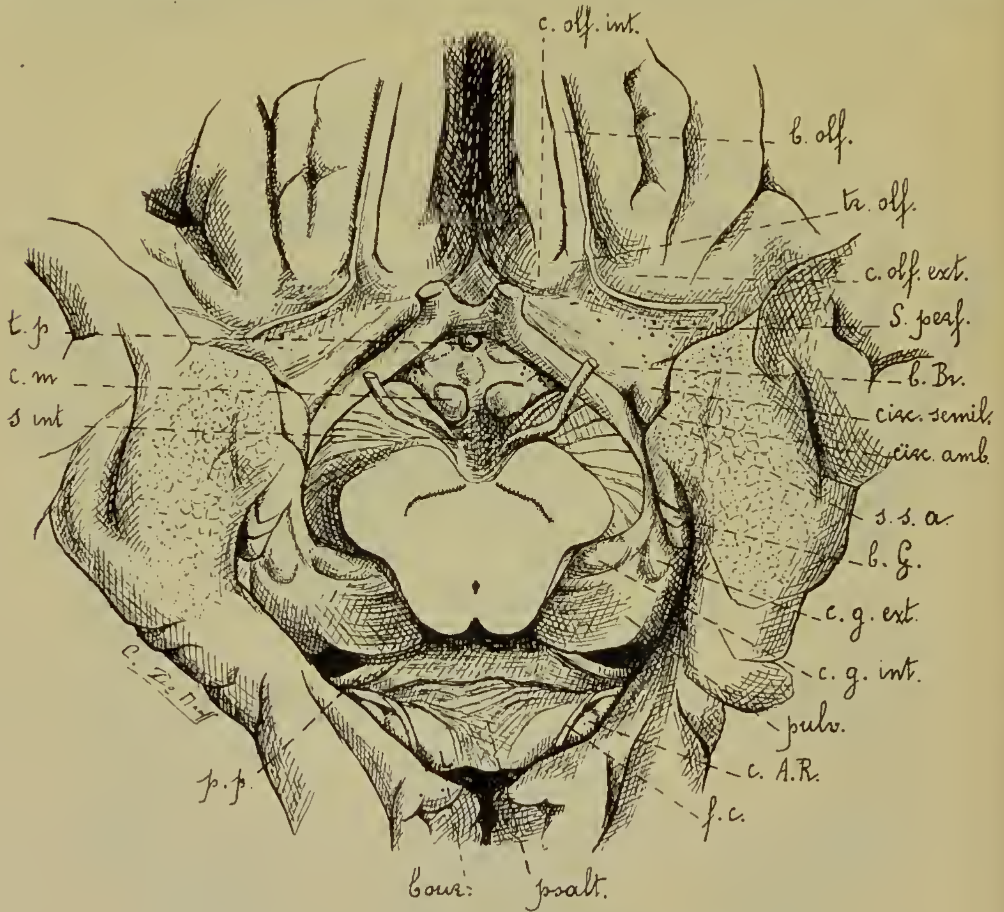


FIG. 86.

Région médiane de la face inférieure du télencéphale. Gr. nat.

c. olf. int. : Circonvolution olfactive interne.
b. olf. : Bandelette olfactive.
tr. olf. : Trigone olfactif.
c. olf. ext. : Circonvolution olfactive externe.
s. perf. : Substance ou circonvolution perforée.
b. Br. : Bande diagonale de BROCA.
circ. semil. : Circonvolution semi-lunaire du rhinencéphale.
circ. amb. : Circonvolution ambiante du rhinencéphale.
s. s. a : Sillon semi-annulaire.
b. G. : Bandelette de GIACOMINI.
c. g. ext. : Corps genouillé externe.
c. g. int. : Corps genouillé interne.
pulv. : Pulvinar.
c. A. R. : Circonvolution d'André RETZIUS.
f. c. : Fasciola cinerea.
psalt. : Psalterium.
bour. : Bourrelet du corps calleux.
p. p. : Pilier postérieur du fornix.
s. int. : Substance interpédonculaire.
c. m. : Corps mamillaire.
t. p. : Tige pituitaire sectionnée.

en arrière, le bourrelet du corps calleux et se continue avec le faisceau denté ; l'indusium gris se prolonge, en avant, sur la face inférieure du

genou du corps calleux pour se continuer avec un petit faisceau blanc longeant, de chaque côté, la *lame terminale* et connu sous le nom de *pédoncule du corps calleux* ou mieux *circonvolution sous-calleuse (gyrus subcallosus)* de ZUCKERKANDL. Ce pédoncule du corps calleux, après avoir quitté la lame terminale, longe le bord externe de la bandelette optique sous le nom de *bande diagonale de Broca* et s'étend ainsi jusqu'au niveau de l'extrémité antérieure de la circonvolution de l'hippocampe, FIG. 86.

Il existe donc, dans toute l'étendue du sillon qui limite en dedans le lobe limbique, une circonvolution avortée formée, d'avant en arrière, par la *bande diagonale de Broca*, la *circonvolution sous-calleuse*, l'*indusium gris* avec le *nerf de Lancisi*, la *fasciola cinerea*, la *fascia dentata* et la *bandelette de Giacomini*. Cette circonvolution avortée décrit une courbe à concavité antérieure et inférieure dont les deux extrémités se terminent dans le voisinage immédiat l'une de l'autre : au niveau du crochet de l'hippocampe.

En dedans de cette circonvolution avortée se trouve la fimbria se continuant, en arrière, avec les piliers postérieurs du trigone ou fornix et, en avant, avec le sommet de la circonvolution unciforme ou circonvolution intralimbique de RETZIUS. C'est entre la circonvolution godronnée et l'indusium gris d'une part, le fornix avec la fimbria d'autre part que se forment le corps calleux et la cloison transparente.

Un peu en dessous du bourrelet du corps calleux, dans la partie de la fissure de l'hippocampe comprise entre la fasciola et le faisceau denté d'une part et l'isthme de la circonvolution du corps calleux d'autre part, il existe souvent un nombre variable de petits tubercules gris, FIG. 85 et 86. ANDRÉ RETZIUS les a signalés le premier dans le cerveau de l'homme. Ils ont été retrouvés depuis par un grand nombre d'auteurs ZUCKERKANDL leur donne le nom de *circonvolutions calleuses* (Balkenwindungen), nom tout à fait impropre, ainsi que le remarque G. RETZIUS, et qu'il vaudrait mieux remplacer par celui de *circonvolutions d'André Retzius*, en souvenir du savant anatomiste qui les a décrites le premier.

C. Sillons tertiaires.

Outre les sillons primaires et les sillons secondaires, qui sont des sillons typiques et constants et qui divisent la surface des hémisphères cérébraux en lobes et en circonvolutions, il existe encore des sillons tertiaires, atypiques ou inconstants, dont la disposition varie de cerveau à cerveau et qui masquent plus ou moins la topo-

graphie normale. Aussi, quand on examine la surface d'un hémisphère cérébral, doit-on toujours commencer par rechercher les sillons primaires : 1° la fissure de SYLVIUS que l'on trouvera sans aucune difficulté ; 2° le sillon de ROLANDO que l'on cherchera, d'une part, dans l'angle formé par le rameau horizontal postérieur et le rameau vertical antérieur de la fissure de SYLVIUS et, d'autre part, près de la fissure médiane interhémisphérique au-devant de la terminaison du sillon calloso-marginal ; 3° enfin la fissure pariéto-occipitale que l'on reconnaîtra facilement sur la face interne et la face externe de l'hémisphère cérébral. Par là, on a déjà les limites des différents lobes de la face externe de l'hémisphère et on trouvera facilement, dans chacun d'eux, les sillons secondaires circonscrivant les circonvolutions.

Sur la face inférieure de l'hémisphère cérébral on trouvera sans difficulté le commencement de la fissure de SYLVIUS séparant le lobe orbitaire du lobe temporo-occipital.

Enfin, sur la face interne, la fissure perpendiculaire interne et la fissure calcarine frappent de suite les regards.

Rapport entre les sillons principaux de la face externe et les sutures de la boîte cranienne.

Un point intéressant à connaître, c'est la situation des sillons et des circonvolutions par rapport aux sutures de la boîte cranienne, FIG. 87. D'après les recherches faites par un grand nombre d'auteurs, le sillon de ROLANDO répond à la face interne de l'os pariétal, un peu en arrière de la suture coronaire. Sa direction est oblique en bas et en avant. Son extrémité supérieure est située 48 mm. en arrière de la suture coronaire, tandis que pour son extrémité inférieure, qui s'étend jusque près du bord supérieur de la portion squammeuse du temporal, cette distance n'est que de 28 mm.

Pour la fissure de SYLVIUS on prend comme point de repère la bifurcation de cette fissure en rameau horizontal postérieur et rameau antérieur ascendant ; cette bifurcation se fait au point de réunion de l'extrémité supérieure de la grande aile du sphénoïde avec la suture squammeuse.

La fissure pariéto-occipitale se trouve au point de réunion de la suture sagittale avec la suture lambdoïde.

Pour déterminer, sur le vivant, la position exacte des trois sillons primaires de la face externe des hémisphères cérébraux, on doit avoir recours à certains points

de repère fixes et tracer, avec leurs secours, ce qu'on appelle la ligne rolandique, la ligne occipitale et la ligne sylvienne.

Ligne rolandique. Pour tracer cette ligne il faut commencer par établir la position exacte de l'extrémité supérieure et de l'extrémité inférieure du sillon de Rolando. Voici comment Poirier conseille de faire. Pour l'extrémité supérieure : « Mesurer avec soin la distance qui sépare le fond de l'angle naso-frontal de l'inion (c'est-à-dire de la protubérance occipitale externe), en suivant bien la ligne sagittale ou ligne médiane antéro-postérieure ; prendre la moitié de cette distance à partir

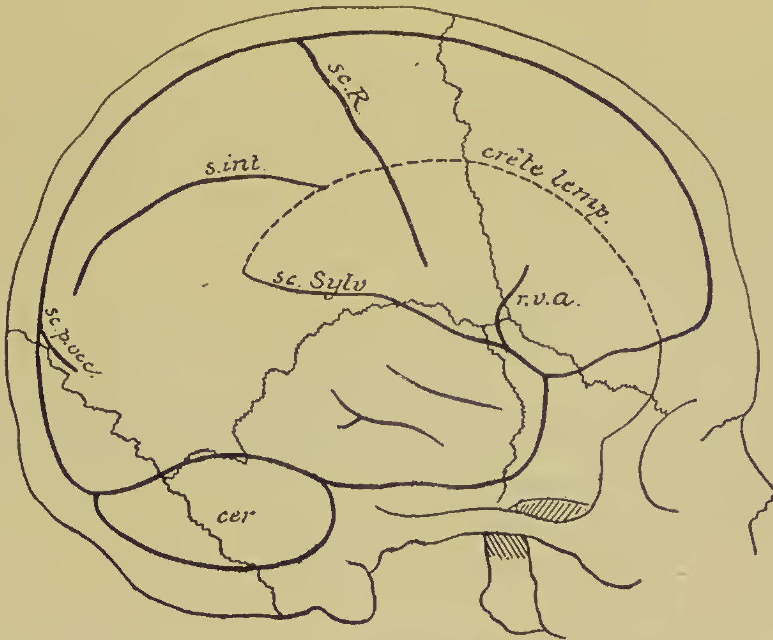


FIG. 87.

Rapports des sillons principaux de la face externe du cerveau terminal avec les sutures du crâne, d'après Broca et Ecker (Schwalbe).

sc. R. : Sillon de Rolando.
s. int. : Sillon interpariétal.
sc. Sylv. : Fissure de Sylvius.
r. v. a. : Rameau vertical antérieur de la fissure de Sylvius.
sc. p. occ. : Fissure pariéto-occipitale.
cer. : Cervelet.

du point nasal, y ajouter 2 cm. en arrière et marquer ce point qui donne certainement, à 1 cm. près, le point de la voûte qui répond au haut du sillon de Rolando ». Pour l'extrémité inférieure : « Reconnaître et tracer au crayon l'arcade zygomatique qui est sensiblement horizontale ; sur cette ligne de l'arcade élever une perpendiculaire passant juste au-devant du tragus, par la fossette ou *dépression pré-auriculaire*, et compter, à partir du trou auditif, 7 cm. sur cette perpendiculaire ». En réunissant les deux points on obtient la ligne rolandique.

Ligne occipitale. Cette ligne indique la position de la fissure perpendiculaire externe. Pour la tracer, il suffit de tirer une perpendiculaire sur la ligne sagittale au niveau du lambda. Celui-ci se trouve, d'après Poirier, 6 à 7 cm. au-dessus de la protubérance occipitale externe.

Ligne sylvienne. La plus facile à tracer est la *ligne de Poirier*, c'est-à-dire une ligne oblique reliant le lambda à l'angle fronto-nasal en passant environ à 6 cm. au-dessus du trou auditif.

Littérature.

GULBERG : *Zur Morphologie der Insula Reilii ;* Anatomischer Anzeiger, 1887, pp. 659-665. — EBERSTALLER : *Zur Anatomie und Morphologee der Insula Reilii ;* Ibid., 1887, pp. 739-750. — M. et Mme DEJERINE : Anatomie des centres nerveux. Tome premier, Paris, 1895. — POIRIER : Traité d'anatomie humaine. Tome troisième. Paris. 1895. — C. GIACOMINI : *Variétés des circonvolutions cérébrales chez l'homme.* Archives italiennes de Biologie. T. I, 1882, pp. 231 à 260 ; pp. 333 à 366. — C. GIACOMINI : *Bandelette de l'uncus de l'hippocampe dans le cerveau de l'homme et de quelques animaux ;* Ibid., T. II, 1882, p. 207 à 225 ; — C. GIACOMINI : *Fascia dentata du grand Hippocampe dans le cerveau de l'homme ;* Ibid. T. V, 1884, pp. 1 à 16 ; pp. 205 à 218 ; pp. 396 à 416. — G. RETZIUS : *Ueber ein dem Saccus Vasculosus entsprechendes Gebilde am Gehirn des Menschen und anderer Säugethiere.* Biologische Untersuchungen. Neue Folge, Bd. VII, 1895, pp. 1-5. — RETZIUS : *Das Menschenhirn* ; Stockholm. 1896. — *Zur äusseren Morphologie des Riechhirns der Säugethiere und des Menschen — Zur Morphologie der Fascia dentata und ihrer Umgebungen.* Biolog. Untersuchungen. Neue Folge. Bd-VIII. 1898.

SIXIÈME LEÇON.

Le cerveau terminal ou télencéphale.

Conformation externe du télencéphale *(suite)*.

La face inférieure du cerveau terminal uni au cerveau intermédiaire.
Le rhinencéphale.

Conformation interne du télencéphale.

Le corps strié.
Étude d'une série de coupes frontales montrant la situation, la forme et les rapports des ganglions gris de la base.

Région médiane de la face inférieure du cerveau.

Pour terminer l'étude de la conformation extérieure du cerveau terminal, il nous reste encore à décrire la région de sa face inférieure située sur la ligne médiane entre les deux extrémités du corps calleux.

Quand on enlève la partie inférieure de l'axe cérébro-spinal par une section transversale faite au niveau du cerveau moyen, et que l'on examine la face inférieure du cerveau terminal réuni au cerveau intermédiaire, FIG. 88, on trouve, d'avant en arrière, sur chaque hémisphère : la face inférieure du lobe frontal, le commencement de la fissure de SYLVIUS et la face inférieure du lobe temporo-occipital. Sur la ligne médiane on voit, en avant et en arrière, une partie de la grande fissure médiane interhémisphérique.

La partie postérieure de cette fissure est limitée en avant par la face inférieure du bourrelet du corps calleux. La partie antérieure de la fissure médiane est limitée en arrière par le genou du corps calleux.

La face inférieure du bourrelet du corps calleux présente quelquefois, de chaque côté de la ligne médiane, FIG. 89, deux petites dépressions qui sont les empreintes des tubercules quadrijumeaux et, plus en dehors,

la bandelette grise qui relie le faisceau denté au nerf de LANCISI ou *fasciola cinerea*. Au-devant du bourrelet existe une large fente transversale qui constitue la partie moyenne de la *grande fente cérébrale de Bichat* conduisant dans le troisième ventricule. Cette fente de BICHAT correspond latéralement à la fissure de l'hippocampe; celle-ci limite, en

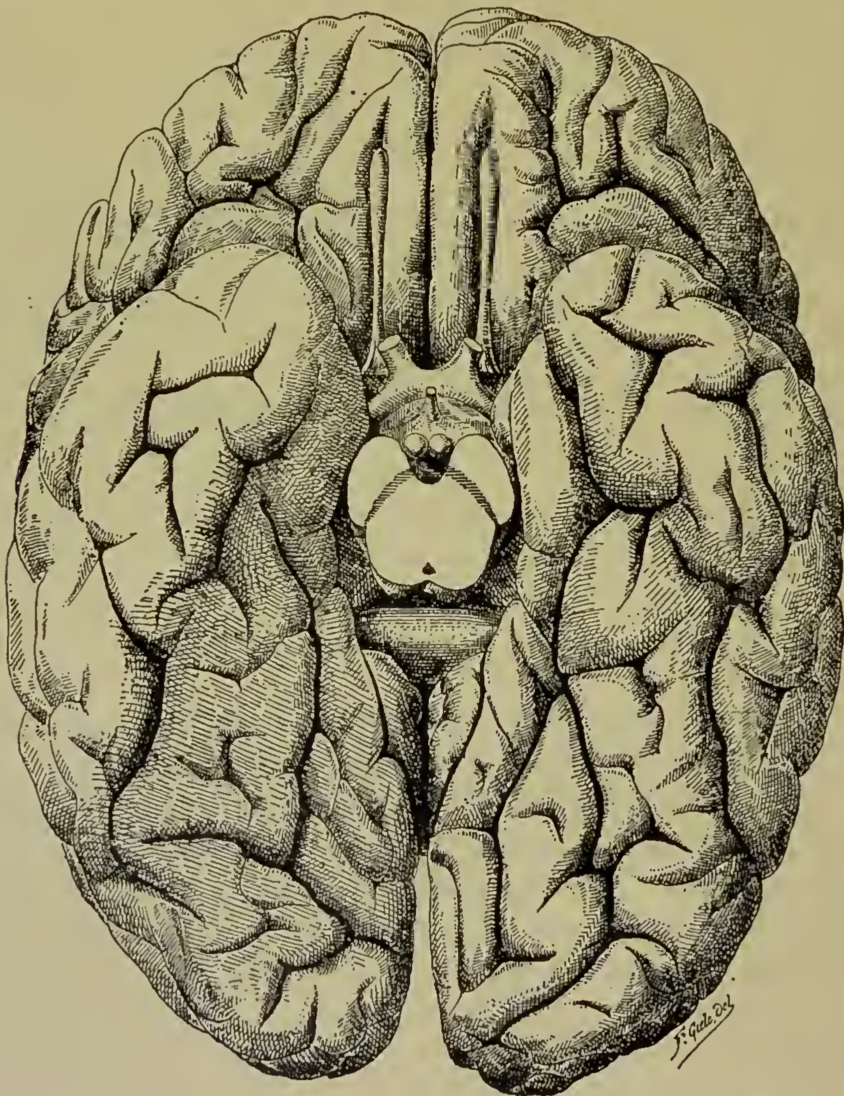


FIG. 88.

Face inférieure du cerveau terminal. Gr. nat. 2/3.

dedans, ainsi que nous l'avons vu, la face inférieure du lobe temporo-occipital. La partie moyenne de la fente de BICHAT est limitée en avant par la face postérieure du tronc cérébral au niveau des tubercules quadrijumeaux. Au-devant de la fente de BICHAT, on rencontre :

le corps pinéal, *ép.*, la surface de section du cerveau moyen, puis une région grise spéciale correspondant au plancher du troisième ventricule et qui se trouve nettement limitée : en arrière, par les pédoncules cérébraux ; latéralement, par les bandelettes optiques et, en avant, par le chiasma des nerfs optiques. Cette région, étudiée tout récemment par RETZIUS, présente un grand nombre d'organes rudimentaires, les homologues d'organes plus développés chez les vertébrés inférieurs. On y trouve, FIG. 89, sur la ligne médiane, et en allant d'arrière en avant, la *substance interpédonculaire* ou *substance perforée postérieure (substantia perforata postérior), s. int.;* les *corps mamillaires*, pyriformes à grosse extrémité dirigée en dedans, *c. mam.;* l'éminence sacculaire *(eminentia saccularis)* de RETZIUS, *ém. sac.*, se présentant sous la forme de trois saillies dont une médiane et deux latérales; le tubercule cendré avec la tige pituitaire, *t.p.*, et l'hypophyse.

Latéralement, la

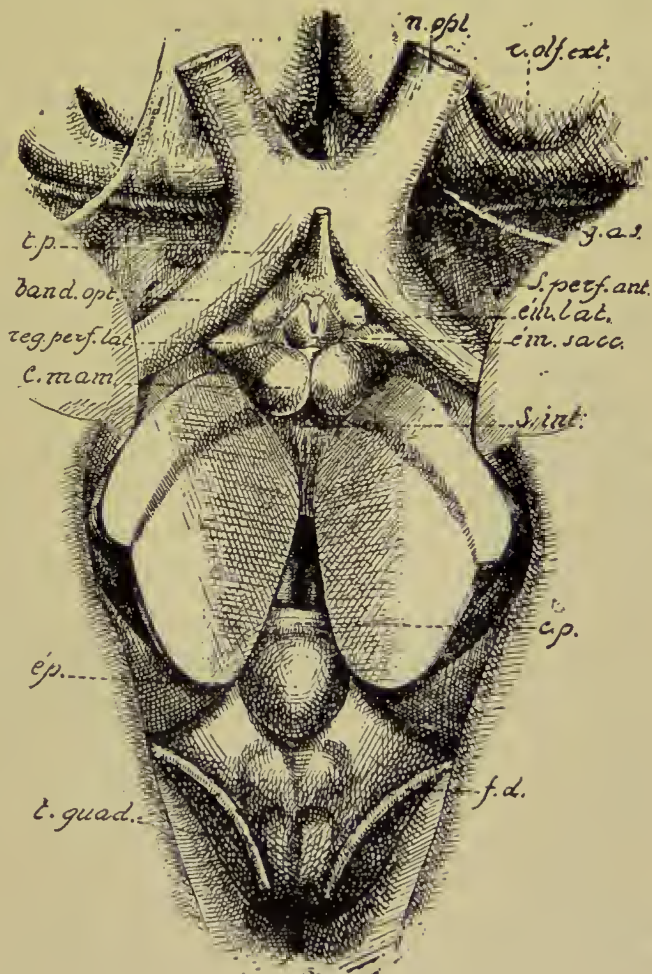


FIG. 89.

Partie de la base du cerveau comprise entre le chiasma optique, les bandelettes optiques et les pédoncules cérébraux et appartenant en grande partie au plancher du troisième ventricule.

Gr. nat. 1 1/2.

n. opt. : Nerf optique.
s. perf. ant. : Substance perforée antérieure.
band. op. : Bandelette optique.
t. p. : Tige pituitaire.
ém. lat. : Eminence latérale.
r. perf. lat. : Région perforée latérale.
ém. sacc. : Eminence sacculaire.
c. mam. : Corps mamillaires.
s. int. : Substance interpédonculaire.
ép. : Corps pinéal.
c. p. : Commissure postérieure.
t. quadr. : Empreinte des tubercules quadrijumeaux.
f. cin. : Fasciola cinerea.

lamelle grise, qui ferme à ce niveau le troisième ventricule, présente encore un petit tubercule saillant pour lequel RETZIUS propose le nom de *éminence latérale de l'hypothalamus (eminentiae laterales)*, *ém. lat.*, — correspondant probablement aux lobes inférieurs du cerveau des vertébrés inférieurs — puis, dans le voisinage immédiat de la bandelette optique, quelques orifices vasculaires formant la *zone perforée latérale (area perforata lateralis)* de l'hypothalamus.

Quand on relève le chiasma des nerfs optiques en haut et un peu en arrière, on voit partir du genou du corps calleux, de chaque côté de la ligne médiane, un cordon blanc, le *pédoncule du corps calleux*. Les deux pédoncules s'écartent l'un de l'autre et s'étendent le long des bandelettes optiques en limitant en arrière et en dedans la *substance perforée antérieure* ou *latérale*, FIG. 90. Dans cette dernière partie de son trajet, le pédoncule du corps calleux porte encore le nom de *bande diagonale de Broca*. Ces pédoncules peuvent se poursuivre jusqu'à l'extrémité antérieure de la circonvolution de l'hippocampe. Ces deux cordons blancs ne sont que la continuation, sur la face inférieure du cerveau, des nerfs de LANCISI ou stries longitudinales médianes de la face convexe du corps calleux ; ils représentent donc, au même titre que ces derniers et que le faisceau denté, une circonvolution avortée que l'on désigne actuellement, avec ZUCKERKANDL, sous le nom de *circonvolution sous-calleuse (gyrus subcallosus)*.

Ces pédoncules du corps calleux circonscrivent, avec le chiasma des nerfs optiques, un espace triangulaire fermé par une lamelle grise, mince et délicate, appelée *lame terminale*. Cette lame passe au-devant de la commissure blanche antérieure à laquelle elle adhère. Sa partie centrale, mince, transparente et d'un aspect un peu plus foncé que les parties voisines, a été appelée par RETZIUS « *fenêtre de la lame terminale* ». C'est un des endroits les plus minces de toute la paroi des hémisphères cérébraux. Il est renforcé en dehors par la pie-mère qui y adhère intimement, au point que, sur des cerveaux frais, l'enlèvement de la pie-mère amène presque toujours la déchirure de la partie centrale de cette lame terminale.

De chaque côté de la ligne médiane, entre la bandelette optique et la partie terminale de la circonvolution sous-calleuse ou bande diagonale de BROCA en arrière et en dedans, les circonvolutions frontales et surtout la circonvolution olfactive latérale en avant, l'extrémité antérieure de la circonvolution de l'hippocampe en dehors,

il existe encore une mince lamelle grise en rapport intime avec l'artère cérébrale moyenne. Cette lamelle grise est percée d'un grand nombre de petits orifices, par lesquels passent des branches collaté-

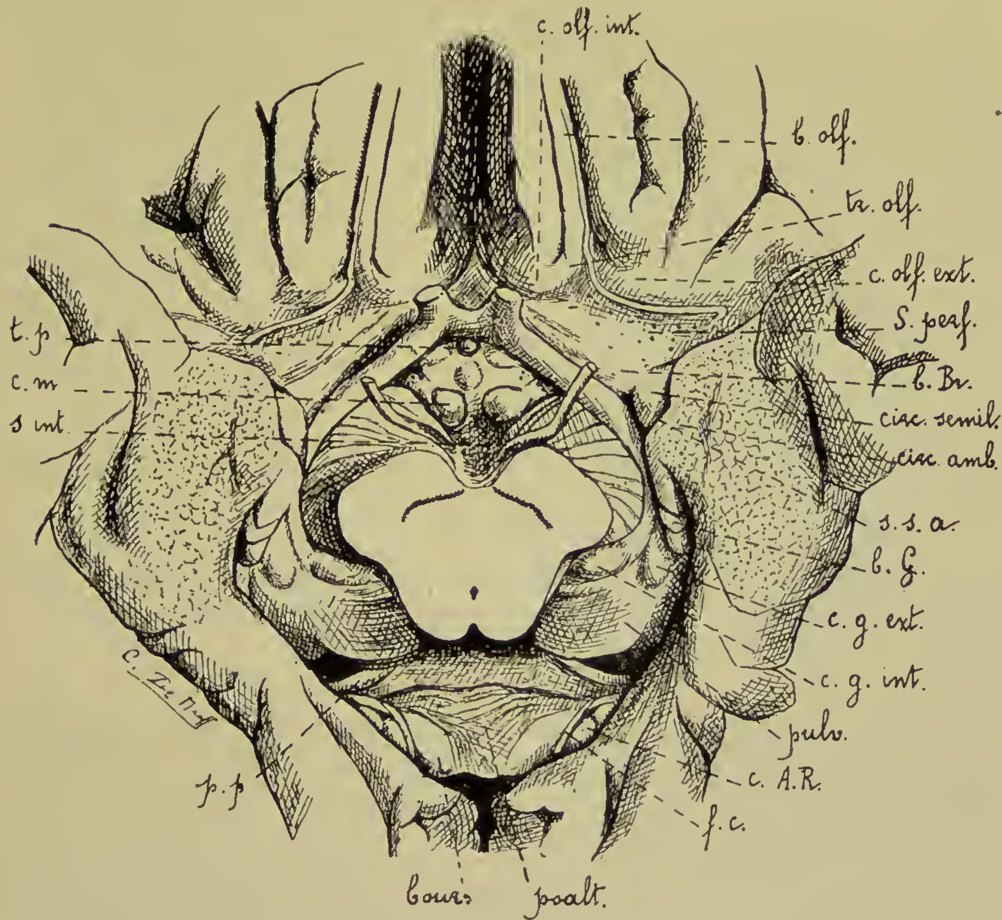


FIG. 90.

Région médiane de la face inférieure du télencéphale. Gr. nat.

c. olf. int. : Circonvolution olfactive interne.
b. olf. : Bandelette olfactive.
tr. olf. : Trigone olfactif.
c. olf. ext. : Circonvolution olfactive externe.
s. perf. : Substance ou circonvolution perforée.
b. Br. : Bande diagonale de BROCA.
circ. semil. : Circonvolution semi-lunaire du rhinencéphale.
circ. amb. : Circonvolution ambiante du rhinencéphale.
s. s. a : Sillon semi-annulaire.
b. G. : Bandelette de GIACOMINI.
c. g. ext. : Corps genouillé externe.
c. g. int. : Corps genouillé interne.
pulv. : Pulvinar.
c. A. R. : Circonvolution d'André RETZIUS.
f. c. : Fasciola cinerea.
psalt. : Psalterium.
bour. : Bourrelet du corps calleux.
p. p. : Pilier postérieur du fornix.
s. int. : Substance interpédonculaire.
c. m. : Corps mamillaire.
t. p. : Tige pituitaire sectionnée.

rales de l'artère cérébrale moyenne et de l'artère cérébrale antérieure pour se rendre aux ganglions de la base. C'est la *substance perforée antérieure* ou *latérale (substantia perforata anterior)*, *s. per.*

RETZIUS est tenté de considérer la substance perforée antérieure comme une circonvolution du rhinencéphale ; il propose de l'appeler *circonvolution perforée du rhinencéphale (gyrus perforatus rhinencephali).*

Sur la face inférieure du lobe frontal, le long du sillon olfactif, on trouve une bandelette blanche à direction antéro-postérieure, la *bandelette olfactive (tractus olfactorius).* L'extrémité antérieure de cette bandelette, fortement renflée, constitue le *bulbe olfactif (bulbus olfactorius).* A son extrémité postérieure, au niveau du bord postérieur du lobe orbitaire, la bandelette olfactive se renfle en une saillie prismatique, triangulaire, la *tubérosité olfactive* dont la face inférieure libre constitue le *trigone olfactif (trigonum olfactorium)* d'où partent deux faisceaux blancs appelés *racines* ou *stries olfactives.* RETZIUS considère ces stries comme étant de véritables circonvolutions ainsi que cela ressort clairement de l'étude de cerveaux d'embryons, âgés de 3 à 5 mois.

La tubérosité olfactive est une partie de l'écorce grise. Elle forme d'après RETZIUS, avec la masse grise immédiatement voisine, la *circonvolution de la tubérosité olfactive.*

La *strie olfactive interne (stria medialis),* très courte, se dirige en dedans et se perd dans la région voisine de l'écorce cérébrale appelée *carrefour olfactif de Broca (area parolfactoria Brocae).*

Ce carrefour de BROCA forme, d'après RETZIUS, une circonvolution olfactive médiane se continuant avec les circonvolutions voisines de la face interne des hémisphères cérébraux. Cette circonvolution transversale est limitée en arrière par le *sillon parolfactif postérieur.*

La *strie olfactive externe (stria olfactoria lateralis)* se dirige obliquement en arrière et en dehors, croise la substance perforée antérieure et se perd dans l'extrémité antérieure du lobe temporal.

Le long du bord externe de cette racine olfactive on voit une légère crête à direction antéro-postérieure séparant la substance perforée antérieure de l'insula de REIL, c'est le *bord falciforme de Broca* ou *limen insulae.*

Pour bien comprendre les connexions de la bandelette olfactive, il convient de les étudier, comme le recommande RETZIUS, sur le cerveau d'embryons humains âgés de 4 ou de 5 mois, FIG. 91. Là, on voit

nettement que la partie postérieure renflée de la bandelette olfactive se bifurque en deux branches volumineuses : une interne et une externe, que RETZIUS considère, avec MIHALKOVICS et GULDBERG, comme étant de véritables circonvolutions.

Voici quelles sont, d'après RETZIUS, les connexions de ces deux circonvolutions olfactives, connexions qui ressortent d'ailleurs en toute évidence de l'examen de nos deux figures 91 et 92.

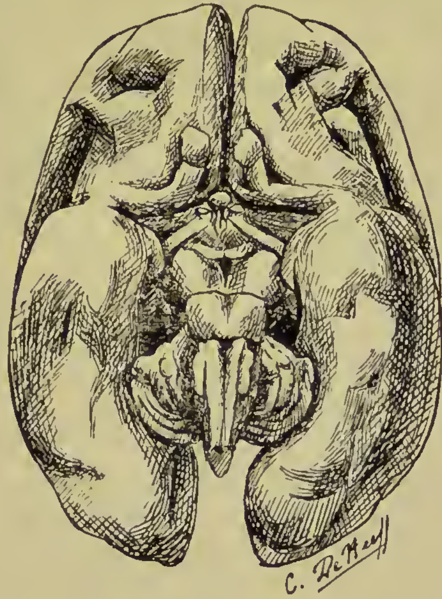


FIG. 91.

Face inférieure de l'encéphale d'un embryon humain de 24 centim. La bandelette olfactive se divise en une circonvolution olfactive interne et une circonvolution olfactive externe. Celle-ci se coude près de la fosse de SYLVIUS et se continue avec la circonvolution de l'hippocampe.

La branche interne ou *circonvolution olfactive médiane* (RETZIUS) se dirige en dedans pour se continuer avec les circonvolutions voisines de la face interne de l'hémisphère cérébral. C'est cette branche transversale que l'on désigne encore sous le nom de *carrefour olfactif de Broca*. Elle est limitée, en avant, par un petit sillon incomplet dépendant du sillon olfactif ou sillon droit ; en arrière, par le *sillon parolfactif postérieur (sulcus parolfactorius posterior)*.

La branche externe ou *circonvolution olfactive latérale* est, chez l'embryon, beaucoup plus volumineuse que l'interne. Elle se dirige transversalement en dehors ; arrivée à la partie interne de la fosse de SYLVIUS, elle se recourbe brusquement en arrière, puis en dedans — en formant ainsi la limite interne de la fosse de SYLVIUS embryonnaire — et peut se poursuivre jusqu'au niveau de l'extrémité antérieure de la circonvolution de l'hippocampe.

La circonvolution olfactive latérale se trouve donc formée, chez l'embryon, de deux bras reliés l'un à l'autre par une partie coudée qui sépare la substance perforée antérieure de la fosse de SYLVIUS.

Dans le cours du développement, cette circonvolution olfactive latérale se replie de plus en plus sur elle-même de telle sorte que les

deux bras qui la constituent viennent à se rapprocher complètement et à devenir parallèles. En même temps, sa limite externe s'efface insensiblement ; aussi, cette limite semble-t-elle, chez l'adulte, faire partie de l'insula de REIL ; elle n'y forme plus qu'une légère crête à direction antéro-postérieure séparant la substance perforée des circonvolutions insulaires. C'est cette crête que les auteurs ont désignée sous le nom de *bord falciforme de Broca* ou *limen insulae*.

De plus, dans le sillon transversal qui sépare les deux bras de la circonvolution olfactive latérale vient se mettre l'artère sylvienne. Celle-ci, en croisant le coude de cette circonvolution prolonge ce sillon jusque sur l'insula de REIL. Par là, la circonvolution olfactive latérale parait coupée en deux et la fissure de SYLVIUS se prolonge jusqu'à la substance perforée antérieure.

Si on examine le cerveau de l'adulte, FIG. 92, on voit partir du trigone olfactif une circonvolution transversale assez large, limitée en arrière par la substance perforée antérieure et par un prolongement du sillon parolfactif. C'est le long du bord postérieur.de cette circonvolution transversale, dans le voisinage immédiat de la substance perforée, que court la *racine olfactive externe*.

Arrivée à l'angle externe de la substance perforée, la racine olfactive se recourbe en arrière et disparait dans la substance grise voisine.

La *racine olfactive interne* part également du trigone olfactif, puis se dirige en dedans et disparait insensiblement dans la circonvolution olfactive médiane.

Il existe quelquefois une *racine olfactive médiane* qui disparait bientôt dans la substance perforée.

Nous avons vu plus haut que la circonvolution olfactive latérale se prolonge, chez l'embryon, jusqu'à l'extrémité antérieure de la circonvolution de l'hippocampe.

Cette extrémité antérieure présente, du côté interne, deux saillies de forme tout-à-fait typique décrites tout récemment par RETZIUS : une interne, ovalaire, et une externe entourant en demi-cercle la première. Ces saillies apparaissent déjà au 4e mois de la vie intra-utérine en même temps que les circonvolutions olfactives externe et interne et par conséquent beaucoup plus tôt que toutes les circonvolutions du pallium. Ces saillies se développent pendant le 5e et le 6e mois et se montrent en connexion étroite avec la circonvolation olfactive latérale.

On dirait que cette circonvolution olfactive, arrivée au niveau de l'extrémité antérieure du lobe temporal, se divise en deux branches séparées l'une de l'autre par un sillon semi-annulaire. La branche

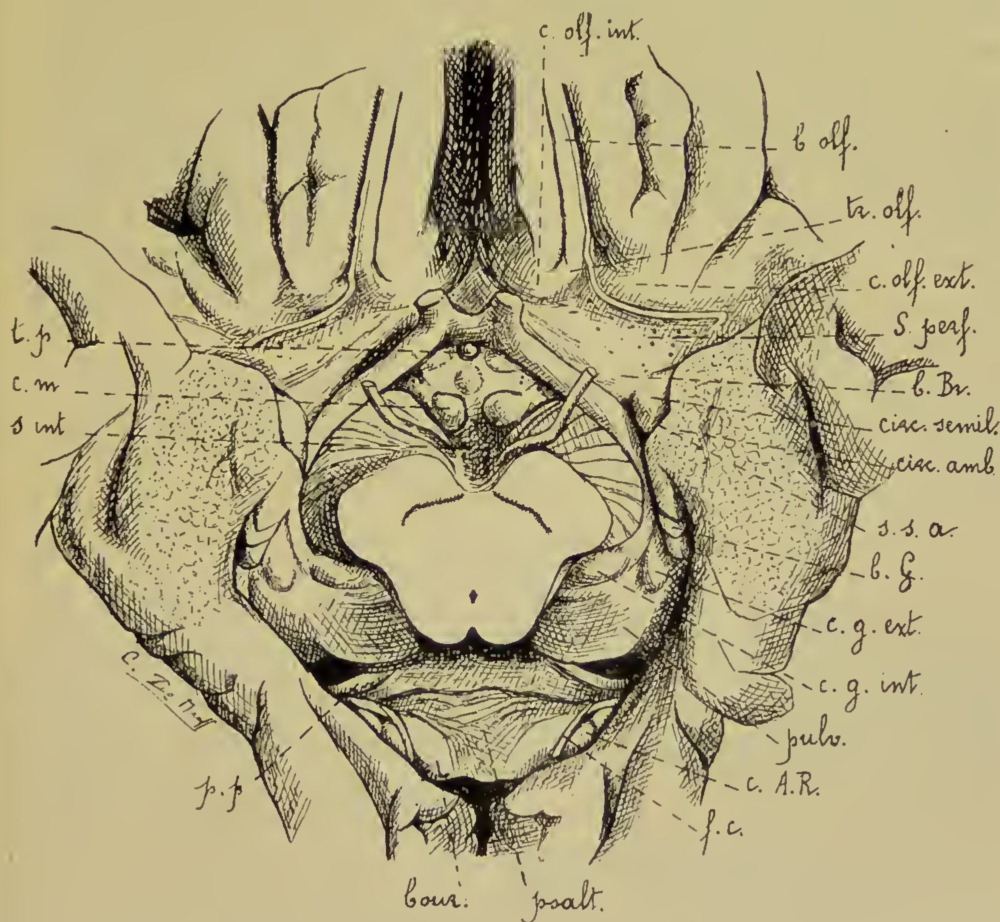


FIG. 92.

Région médiane de la face inférieure du télencéphale. Gr. nat.

c. olf. int. : Circonvolution olfactive interne.
b. olf. : Bandelette olfactive.
tr. olf. : Trigone olfactif.
c. olf. ext. : Circonvolution olfactive externe.
s. perf. : Substance ou circonvolution perforée.
b. Br. : Bande diagonale de BROCA.
circ. semil. : Circonvolution semi-lunaire du rhinencéphale.
circ. amb. : Circonvolution ambiante du rhinencéphale.
s. s. a : Sillon semi-annulaire.
b. G. : Bandelette de GIACOMINI.
c. g. ext. : Corps genouillé externe.
c. g. int. : Corps genouillé interne.
pulv. : Pulvinar.
c. A. R. : Circonvolution d'André RETZIUS.
f. c. : Fasciola cinerea.
psalt. : Psalterium.
bour. : Bourrelet du corps calleux.
p. p. : Pilier postérieur du fornix.
s. int. : Substance interpédonculaire.
c. m. : Corps mamillaire.
t. p. : Tige pituitaire sectionnée.

médiane forme la *circonvolution semi-lunaire du rhinencéphale* de RETZIUS tandis que la branche externe constitue la *circonvolution ambiante du rhinencéphale* du même auteur.

Ces circonvolutions existent aussi chez l'adulte, FIG. 92, cachées quelque peu par l'extrémité antérieure du lobe temporal. Quand on relève cette extrémité, on voit la circonvolution olfactive latérale, recouverte par la strie olfactive externe, se recourber autour de l'angle externe de la substance perforée antérieure, se diriger en arrière et en dedans pour se continuer avec la partie antéro-interne de la circonvolution de l'hippocampe. A ce niveau, la circonvolution olfactive latérale se divise en deux bras : un interne et un externe. L'interne se termine dans une saillie semi-lunaire : la *circonvolution semi-lunaire du rhinencéphale.* Cette circonvolution présente, chez l'adulte, un aspect plus blanc que chez l'embryon à cause du développement plus considérable de la couche des fibres tangentielles.

Le bras externe contourne la circonvolution semi-lunaire en formant la *circonvolution ambiante du rhinencéphale,* puis se prolonge sur la circonvolution unciforme où elle se perd.

Le rhinencéphale.

Tous les organes que nous venons de décrire sur la face inférieure du cerveau terminal, entre le lobe temporal, le lobe orbitaire et les bandelettes optiques forment, par leur ensemble, la partie du télencéphale à laquelle on donne, à la suite de TURNER, le nom de *rhinencéphale (rhinencephalon).*

On divise ce rhinencéphale en une *partie antérieure (pars anterior)* et une *partie postérieure (pars posterior).*

La partie antérieure comprend le bulbe, la bandelette et le trigone olfactifs, la strie olfactive interne et le carrefour olfactif de BROCA. La partie postérieure est formée par la substance perforée antérieure, le *limen insulae* et la strie olfactive latérale se continuant en arrière avec la circonvolution semi-lunaire et la circonvolution ambiante du rhinencéphale. Ces deux parties sont séparées l'une de l'autre par un petit sillon transversal, le *sulcus parolfactorius posterior.*

A ce rhinencéphale certains auteurs rattachent encore la circonvolution limbique de BROCA, laquelle, chez les animaux qui ont le bulbe olfactif fortement développé, prend elle-même un développement considérable.

Conformation interne du télencéphale.

Chaque hémisphère cérébral, avons-nous dit, se divise, embryologiquement, en trois parties distinctes : le *corps strié (corpus striatum)*, le *manteau* ou *pallium* et le *rhinencéphale (rhinencephalon)*.

Nous avons décrit, dans les deux leçons précédentes, la face externe du manteau cérébral et les parties constitutives du rhinencéphale ; il nous reste encore à étudier le corps strié et les parties constitutives du manteau.

On peut considérer chaque hémisphère, dans sa forme la plus simple, comme constitué par des ganglions gris placés près de la base et par une masse épaisse de substance blanche enveloppant ces ganglions. Cette masse blanche est recouverte elle-même par une couche repliée de substance grise, qui porte le nom de *couche corticale grise*, de *substance corticale* ou d'*écorce grise*.

La substance blanche enveloppe de tous côtés deux des ganglions gris : le *noyau lenticulaire* et l'*avant-mur*. Le troisième ganglion, appelé *noyau caudé*, est libre en haut et en arrière. Il existe, en effet, entre ce ganglion et la substance blanche enveloppante, un espace constituant le *ventricule latéral*.

Nous avons donc à étudier dans chaque hémisphère :

1° Les ganglions gris de la base : le noyau caudé, le noyau lenticulaire et l'avant-mur formant par leur ensemble le *corps strié* ;

2° La substance blanche avec l'écorce grise qui la recouvre : le manteau ou *pallium* ;

3° Le ventricule latéral.

Le corps strié.

On trouve, chez l'adulte, à la base de chaque hémisphère cérébral, trois masses grises nettement distinctes l'une de l'autre : le *noyau caudé (nucleus caudatus)*, le *noyau lenticulaire (nucleus lentiformis)* et l'*avant-mur (claustrum)* formant, par leur ensemble, la partie du télencéphale à laquelle on donne le nom de *corps strié (corpus striatum)*. Les deux dernières de ces masses sont enveloppées complètement par de la substance blanche. Elles ne deviennent apparentes que sur des coupes frontales, sagittales ou horizontales. Le noyau caudé

seul fait saillie dans la cavité ventriculaire ; aussi le désigne-t-on parfois sous le nom de *noyau intra-ventriculaire*, par opposition au noyau lenticulaire et à l'avant-mur qui sont les *noyaux extra-ventriculaires*.

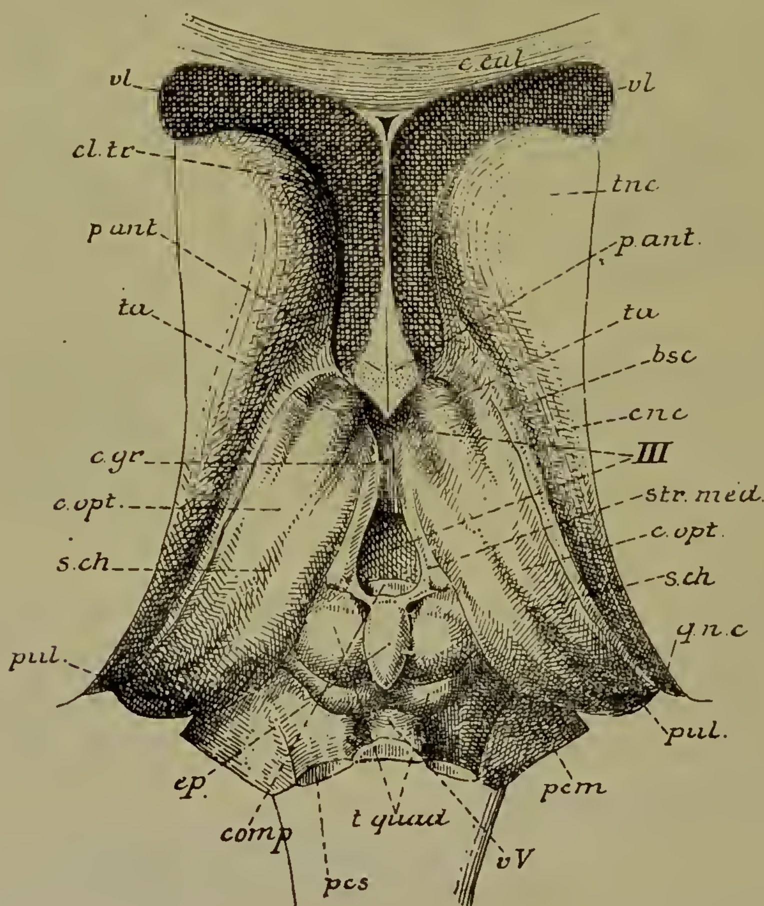


FIG. 93.

Le tronc cérébral vu par le haut, après enlèvement du corps calleux, de la voûte à trois piliers et de la toile choroïdienne. Gr. nat.

c. cal. : Coupe du genou du corps calleux.
cl. tr. : Cloison transparente.
vl : Ventricule latéral.
tnc : Tête du noyau caudé.
p. ant. : Section des piliers antérieurs de la voûte.
ta : Tubercule antérieur de la couche optique.
bsc : Bandelette semi-circulaire.
cnc : Corps du noyau caudé.
III : Troisième ventricule.
str. méd. : Strie médullaire de la couche optique.
c. opt. : Couche optique.
s. ch. : Sillon choroïdien.
qnc : Queue du noyau caudé.
pul. : Pulvinar.
pcm : Pédoncule cérébelleux moyen.
vv : Valvule de VIEUSSENS.
t. quad. : Tubercules quadrijumeaux.
pcs : Pédoncule cérébelleux supérieur.
comp. : Commissure postérieure.
c. gr. : Commissure grise.

Le *noyau caudé* est situé en dehors et un peu au-dessus de la couche optique appartenant au cerveau intermédiaire. Il fait saillie,

sur toute sa longueur, dans le ventricule latéral. Quand on ouvre ce ventricule par sa paroi supérieure en enlevant le corps calleux, on tombe directement sur la face libre du noyau caudé, FIG. 93, qui forme la plus grande partie du plancher du ventricule latéral. En avant, le noyau caudé arrive plus loin qne la couche optique. Cette extrémité antérieure est renflée et porte le nom de *tête du noyau caudé (caput nuclei caudati)*, *tnc*. Il se dirige alors en arrière, en longeant le bord externe de la couche optique, en même temps qu'il se rétrécit rapidement. Tandis que la tête de ce noyau se trouve sur un même plan horizontal que la couche optique, la partie moyenne ou le *corps*, *cnc*, déborde cette couche en haut et en dehors. Il s'en suit que dans son trajet antéro-postérieur le noyau caudé décrit une courbe à convexité supérieure. Près de l'extrémité postérieure de la couche

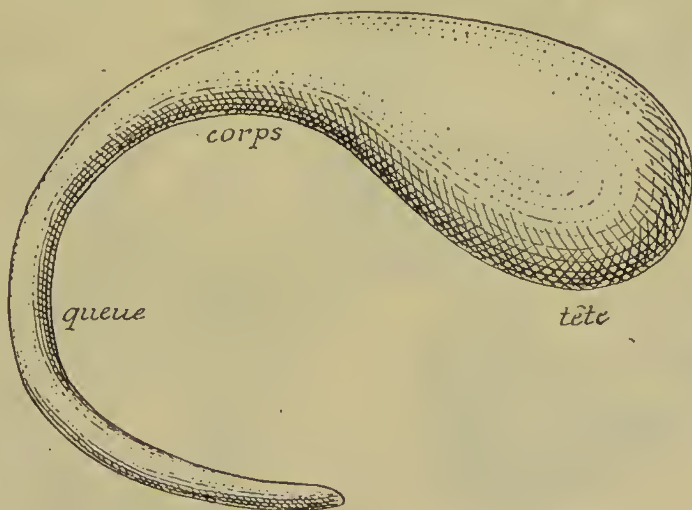


FIG. 94.
Forme du noyau caudé. Gr. nat.

optique, il se recourbe en bas, puis en avant et un peu en dehors, pour pénétrer dans le lobe temporal, dans lequel on peut le poursuivre jusque près de l'extrémité antérieure de ce lobe. Cette partie postérieure effilée prend le nom de *queue du noyau caudé (cauda nuclei caudati)*.

Dans son ensemble, le noyau caudé décrit donc une courbe en forme de fer à cheval à concavité antérieure, FIG. 94, courbe analogue à celle que nous avons décrite pour la couche optique avec la bandelette optique.

Il est difficile de décrire séparément les autres masses grises

qui occupent la base du cerveau terminal. Pour se faire une bonne idée de la forme, de la situation et des rapports réciproques du noyau caudé, du noyau lenticulaire et de l'avant-mur, il est nécessaire de pratiquer dans le cerveau une série de coupes macroscopiques, d'abord frontales, puis horizontales. Ces coupes intéresseront par le fait même les parties constitutives du cerveau intermédiaire et nous éclaireront en même temps sur les rapports des ganglions gris du cerveau terminal avec la couche optique appartenant au diencéphale. Le noyau caudé, le noyau lenticulaire, l'avant-mur et la couche optique forment,



Fig. 95.

Section médiane de l'encéphale. Gr. nat. 2/3:
Les lignes ponctuées indiquent les plans de section des fig. 96 à 102.

à proprement parler, ce que l'on désigne communément sous le nom de *ganglions de la base*, *ganglions subcorticaux* ou *corps opto-striés*.

Coupes frontales.

Étudions d'abord une série de coupes frontales.

Nous avons représenté, dans la fig. 95, une vue de la section

médiane de l'encéphale dans laquelle se trouvent indiqués, par des lignes pointillées, les endroits précis où nous avons pratiqué les sections frontales que nous avons reproduites dans les FIG. 96 à 102.

La coupe *I* passe par la partie moyenne du lobe frontal, au-devant de l'extrémité antérieure du ventricule latéral et du genou du corps calleux, FIG. 96; elle montre qu'à ce niveau, chaque hémisphère cérébral est constitué uniquement par une masse blanche centrale, recouverte par la couche repliée de substance grise.

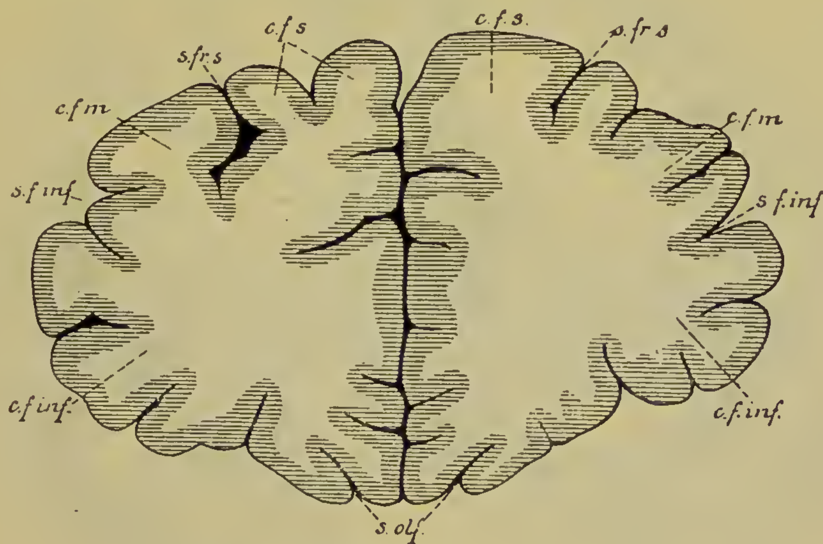


FIG. 96.

Coupe I (FIG. 95). Gr. nat. 3/4.

c. f. s. : Circonvolution frontale supérieure.
s. fr. s. : Sillon frontal supérieur.
c. f. m. : Circonvolution frontale moyenne.
s. f. inf. : Sillon frontal inférieur.
c. f. inf. : Circonvolution frontale inférieure.
s. olf. : Sillon olfactif.

La coupe *II* tombe en plein dans le ventricule latéral et passe par la tête du noyau caudé FIG. 97. Elle présente, sur la ligne médiane, la fissure interhémisphérique, le corps calleux, *c.call.*, et la cloison transparente, *cl. tr.*; de chaque côté, on voit une partie du ventricule latéral. La paroi supérieure de ce ventricule est formée par le corps calleux, tandis que sur la paroi inférieure existe la partie renflée ou la tête du noyau caudé, *nc.* Celui-ci se présente sous la forme d'une masse grise arrondie divisée en deux par une traînée irrégulière de substance blanche : la partie grise interne appartient seule au noyau caudé ou noyau intra-ventriculaire; la partie grise externe constitue l'extrémité antérieure du noyau lenticulaire entièrement enveloppé par de la sub-

stance blanche. La substance blanche comprise entre les deux noyaux forme une partie du bras antérieur de la *capsule interne*. La face externe du noyau lenticulaire correspond à l'écorce cérébrale qui occupe le fond de la fissure de SYLVIUS, ou à l'insula de REIL. Elle en est séparée par une lame de substance blanche divisée en deux par une lamelle grise ; celle-ci forme l'extrémité antérieure de l'avant-mur.

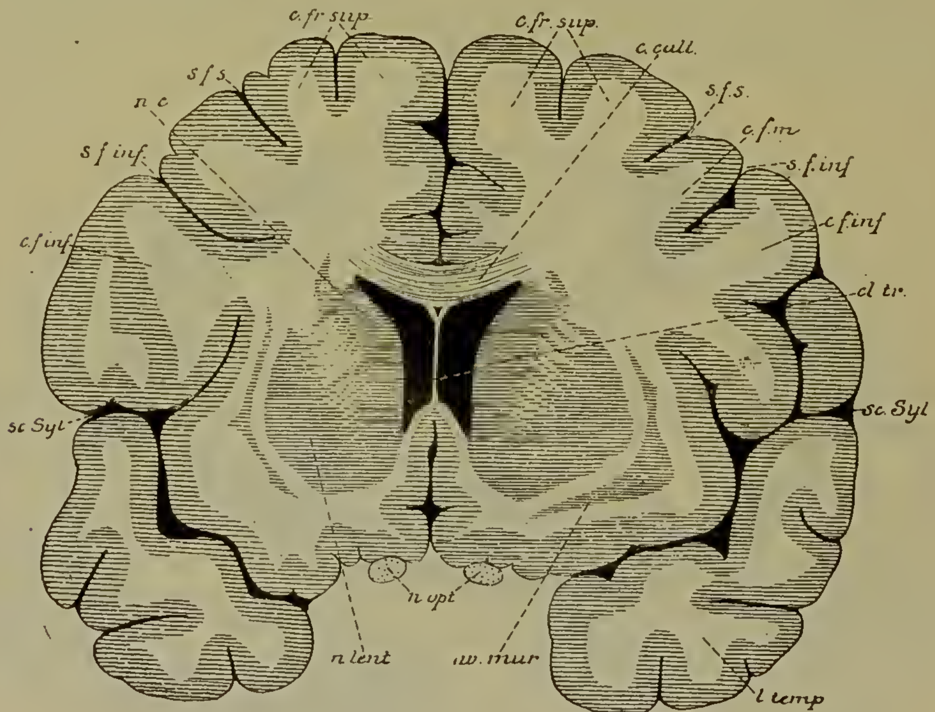


FIG. 97.

Coupe II (FIG. 95). Gr. nat. 3/4.

c. fr. sup. : Circonvolution frontale supérieure.
s. f. s. : Sillon frontal supérieur.
c. call. : Corps calleux.
c. f. m. : Circonvolution frontale moyenne.
s. f. inf. : Sillon frontal inférieur.
c. f. inf. : Circonvolution frontale inférieure.
cl. tr. : Cloison transparente.
sc. Syl. : Fissure de SYLVIUS.
l. temp. : Lobe temporal.
av. mur : Avant-mur.
n. opt. : Nerfs optiques.
n. lent. : Noyau lenticulaire.
nc : Noyau caudé.

La FIG. 98 représente une vue de la coupe *III*, FIG. 95, passant immédiatement en arrière de la commissure blanche antérieure et au-devant de l'extrémité antérieure des couches optiques. Au fond de la fissure médiane interhémisphérique nous tombons sur la coupe du corps calleux, *c. cal.* ; qui se perd latéralement dans la substance

blanche des hémisphères. La face inférieure du corps calleux donne attache, sur la ligne médiane, à la partie postérieure de la cloison transparente, étendue entre ce corps calleux et les piliers antérieurs de la *voûte à trois piliers* ou *trigone cérébral* (*fornix*), *pa*. On voit sur cette figure comment ces piliers antérieurs passent derrière la commis-

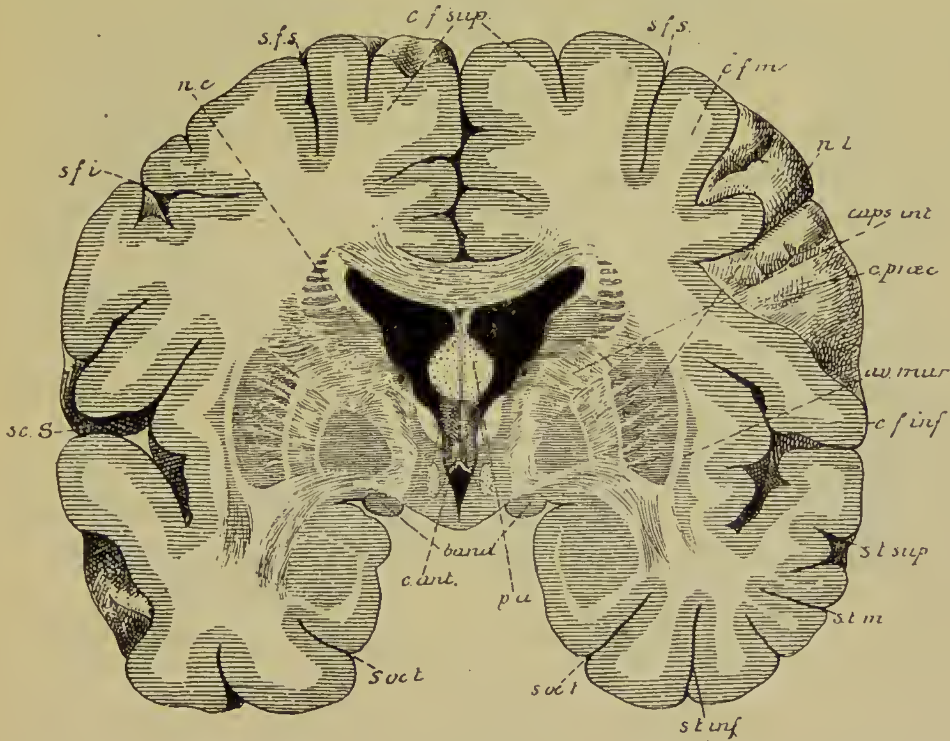


Fig. 98.

Coupe III (fig. 95) Gr. nat. 3/4.

sc. S. : Fissure de Sylvius.
s. f. i. : Sillon frontal inférieur.
nc : Noyau caudé.
s. f. s. : Sillon frontal supérieur.
c. f. sup. : Circonvolution frontale supérieure.
c. f. m. : Circonvolution frontale moyenne.
n. l. : Noyau lenticulaire.
caps. int. : Capsule interne.
c. præc. : Sillon précentral.
av. mur : Avant-mur.
c. f. inf. : Circonvolution frontale inférieure.
s. t. sup. : Sillon temporal supérieur.
s. t. m. : Sillon temporal moyen.
s. t. inf. : Sillon temporal inférieur.
s, occ. t. : Sillon occipito-temporal ou fissure collatérale.
p. a. : Piliers antérieurs de la voûte.
band. : Bandelettes optiques.
c. ant. : Commissure antérieure.

sure blanche antérieure, *c. ant.*, pour s'enfoncer dans les parois latérales du ventricule médian. Nous savons que ces piliers antérieurs limitent, en avant, le troisième ventricule. De chaque côté de la ligne médiane, la face inférieure du corps calleux forme la voûte du ventri-

cule latéral. Sur le plancher de ce ventricule, on trouve de dehors en dedans : la coupe du noyau caudé, *nc*, la bandelette semi-circulaire ou *strie terminale (stria terminalis)* avec la coupe de la veine du corps strié ou *veine terminale (vena terminalis)*, puis une mince bande grise qui appartient déjà à la partie antérieure de la couche optique. En dehors et en dessous du noyau caudé existe une bande blanche : le bras antérieur de la capsule interne compris entre le noyau caudé et une masse grise volumineuse : le *noyau lenticulaire*. Ce noyau a une forme triangulaire à base externe et à sommet interne. Il est subdivisé par deux lamelles blanches, parallèles à la base, en trois parties grises appelées *segments* et dénommées de la base au sommet : segment externe, segment moyen, segment interne.

La base de ce noyau correspond au fond de la fissure de SYLVIUS. Elle est séparée de la substance corticale qui recouvre la région de l'insula de REIL par une bande de substance blanche assez épaisse, subdivisée en deux par une lamelle grise. Celle-ci appartient à l'avant-mur, *av. mur*. La mince lamelle blanche qui sépare l'avant-mur du noyau lenticulaire s'appelle *capsule externe ;* celle qui sépare l'avant-mur de l'écorce grise des circonvolutions de l'insula porte le nom de *capsule extrême*.

A la base du cerveau, on trouve la section des bandelettes optiques, *band.*

Pratiquons maintenant une coupe passant par le milieu de la couche optique, FIG. 99. Nous retrouvons sur la ligne médiane : la fissure médiane interhémisphérique et la coupe du corps calleux. *c. cal.*; la cloison transparente a disparu, de sorte que, à la face inférieure du corps calleux, nous tombons directement sur la voûte à trois piliers, *p*, recouvrant la toile choroïdienne, *t. chor.*. En dessous de cette toile se trouve le troisième ventricule qui appartient au cerveau intermédiaire. De chaque côté de la ligne médiane, nous retrouvons, en dessous du corps calleux, le ventricule latéral ; il est séparé du troisième ventricule par le plexus choroïde latéral et par le bord latéral de la voûte à trois piliers. Ces deux organes reposent directement sur la face supérieure de la couche optique. La couche optique, *c. opt.*, forme une masse grise ovalaire de chaque côté du ventricule médian ; le noyau caudé, *n. c.*, considérablement rétréci est situé au-dessus et en dehors de la couche optique, séparé de celle-ci par une dépression dans laquelle on trouve la veine du corps strié ou veine terminale et la bandelette semi-circulaire ou strie terminale. En

dehors de la couche optique et du noyau caudé existe une lame blanche assez épaisse : c'est le bras postérieur de la capsule interne,

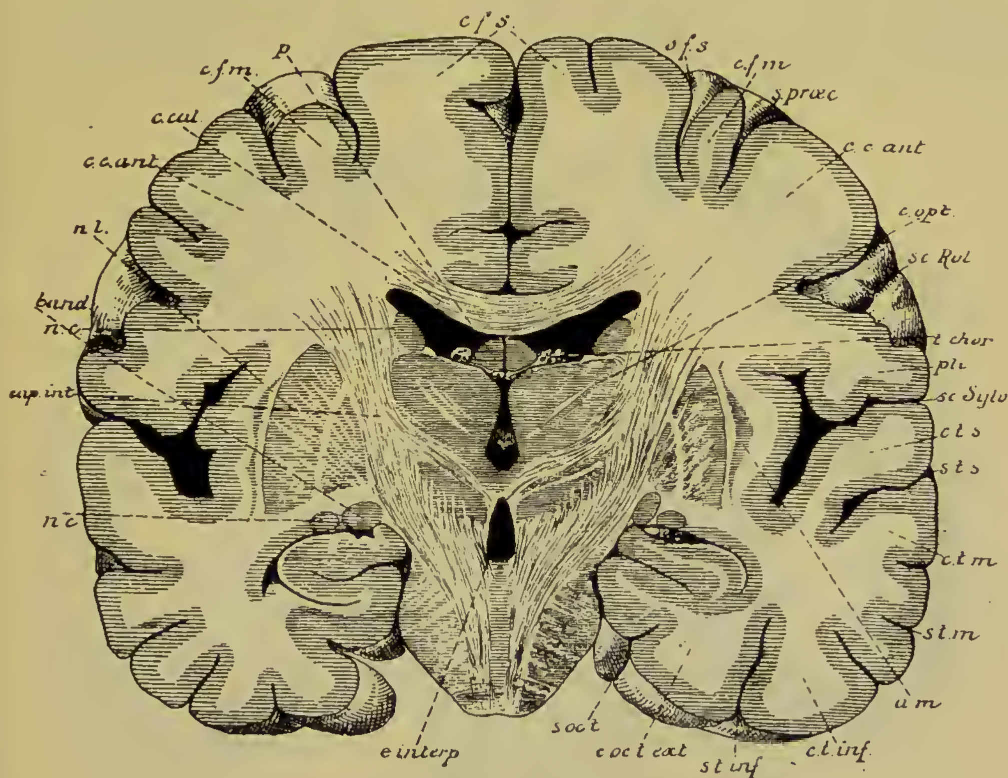


FIG. 99.

Coupe IV (FIG. 95) Gr. nat. 3/4.

cfs : Circonvolution frontale supérieure.
sfs : Sillon frontal supérieur.
cfm : Circonvolution frontale moyenne.
s. præc. : Sillon précentral.
cc. ant. : Circonvolution centrale antérieure.
sc. Rol. : Sillon de ROLANDO.
c. opt. : Couche optique.
t. chor. : Toile choroïdienne.
pli : Pli de passage entre les deux circonvolutions centrales.
sc. sylv. : Fissure de SYLVIUS.
c. t. s. : Circonvolution temporale supérieure.
s. t. s. : Sillon temporal supérieur.
c. t. m. : Circonvolution temporale moyenne.
s. t. m. : Sillon temporal moyen.
am : Avant-mur.
c. t. inf. : Circonvolution temporale inférieure.
s. t. inf. : Sillon temporal inférieur.
c. oc. t. ext. : Circonvolution occipito-temporale externe ou circonvolution fusiforme.
s. occ. t. : Sillon occipito-temporal ou fissure collatérale.
e. interp. : Espace interpédonculaire.
nc : Noyau caudé.
cap. int. : Bras postérieur de la capsule interne.
band. : Bandelette optique.
c. cal. : Corps calleux.
p : Voûte à trois piliers.

c. int.; puis vient le noyau lenticulaire, *n. l.*, réduit aux deux segments externes. En dehors de ce noyau existent encore la capsule externe,

l'avant-mur, *a. m.,* et la capsule extrême recouverte par la substance grise corticale de l'insula de REIL.

En dessous du noyau lenticulaire, la coupe a passé par l'extrémité antérieure du lobe temporal. On y voit la section du prolongement temporal du ventricule latéral. A la paroi supérieure de ce prolongement existe la coupe de la queue du noyau caudé, *nc.* Le plancher présente une masse arrondie et régulière ; c'est l'extrémité antérieure de la *corne d'Ammon* ou *hippocampe (hippocampus).* Un peu en dedans de la coupe de la queue du noyau caudé, tout contre le pédoncule cérébral, on voit la section de la bandelette optique, *band.*

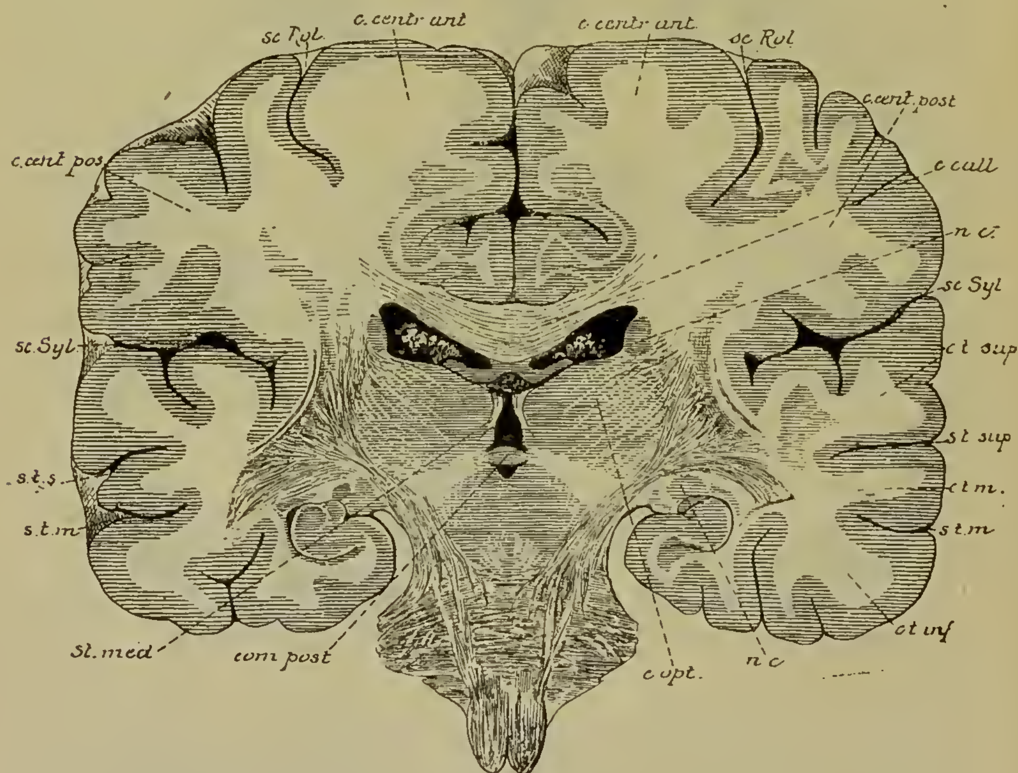


FIG. 100.

Coupe V (FIG. 95). Gr. nat. 3/4.

c. centr. ant. : Circonvolution centrale antérieure.
sc. Rol. : Sillon de ROLANDO.
c. centr. post. : Circonvolution centrale postérieure.
sc. Syl. : Fissure de SYLVIUS.
s. t. s. : Sillon temporal supérieur.
s. t. m. : Sillon temporal moyen.
st. méd. : Strie médullaire.
com. post. : Commissure postérieure.
c. opt. : Couche optique.
n. c. : Noyau caudé.
c. t. inf. : Circonvolution temporale inférieure.
c. t. m. : Circonvolution temporale moyenne.
c. t. sup. : Circonvolution temporale supérieure.
c. call. : Corps calleux.

La FIG. 100 passe par la commissure postérieure, *com.p.*. Le noyau lenticulaire y a presque entièrement disparu. Le noyau caudé a été sectionné en deux endroits : d'abord sur le plancher du ventricule latéral, au-dessus et en dehors de la couche optique, puis au niveau

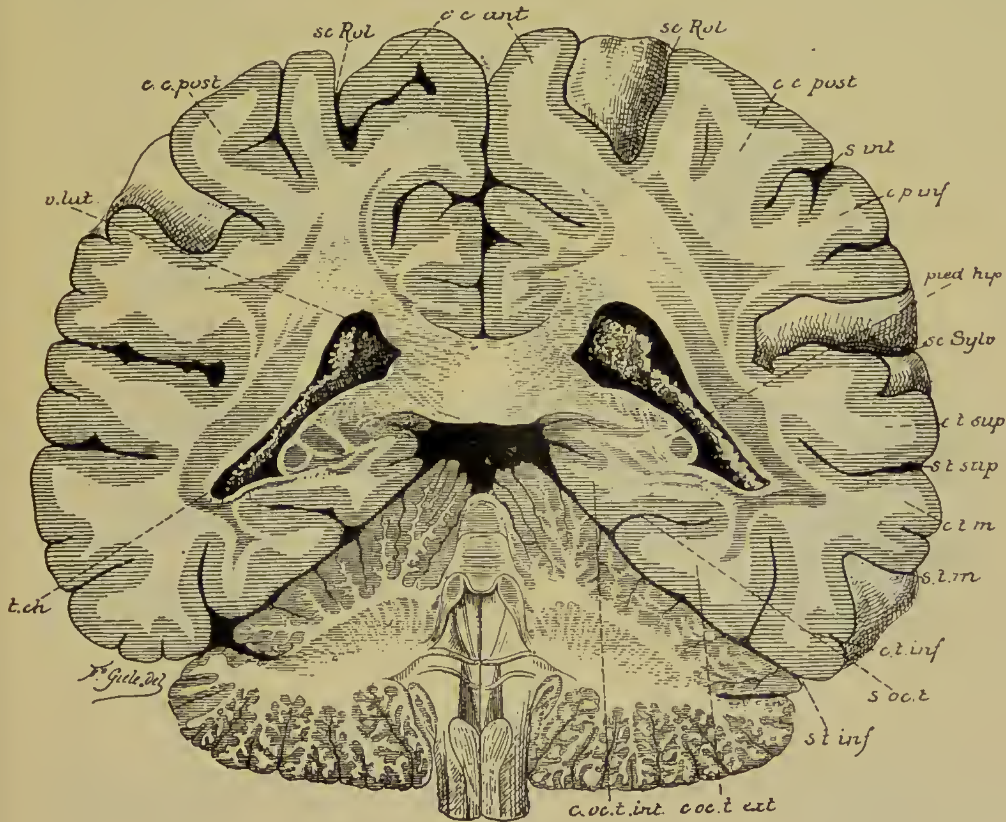


FIG. 101.

Coupe VI (FIG. 95). Gr. nat 3/4.

c. c. ant. : Circonvolution centrale antérieure.
sc. Rol. : Sillon de ROLANDO.
c. c. post. : Circonvolution centrale postérieure.
v. lat. : Ventricule latéral.
t. ch. : Plexus choroïde.
c. oc. t. int. : Circonvolution linguale.
c. oc. t. ext. : Circonvolution fusiforme.
s. t. inf. : Sillon temporal inférieur.
s. oc. t. : Fissure collatérale.
s. t. m. : Sillon temporal moyen.
c. t. inf. : Circonvolution temporale inférieure.
c. t. m. : Circonvolution temporale moyennne.
s. t. sup. : Sillon temporal supérieur.
c. t. sup. : Circonvolution temporale supérieure.
sc. Sylv. : Fissure de SYLVIUS.
c. p. inf. : Circonvolution pariétale inférieure.
s. int. : Sillon interpariétal.

du toit du prolongement temporal du ventricule latéral, *nc*. La couche optique, beaucoup plus volumineuse que sur la coupe précédente, constitue, par sa face interne, la paroi du ventricule médian, tandis

que, par sa face externe, elle répond au bras postérieur de la capsule interne. Sa face supérieure est libre ; elle répond à une partie du plancher du ventricule latéral, au plexus choroïde latéral et au bord externe de la voûte à trois piliers. Au point de réunion de la face supérieure avec la face interne, se trouve la coupe de la strie médul-

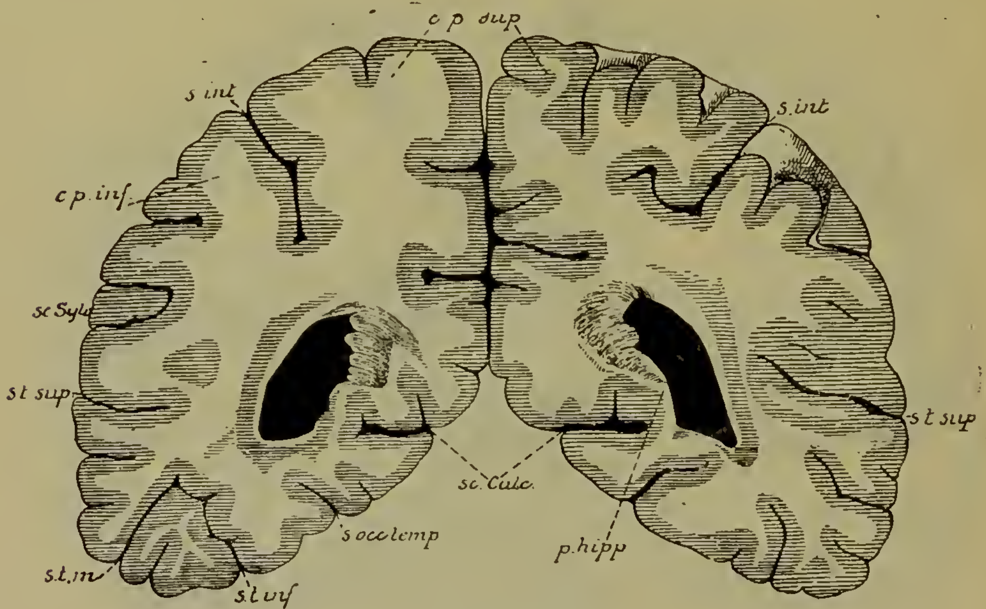


FIG. 102.

Coupe VII (FIG. 95). Gr. nat. 3/4.

c. p. sup. : Circonvolution pariétale supérieure.
s. int. : Sillon interpariétal.
c. p. inf. : Circonvolution pariétale inférieure.
sc. Sylv. : Fissure de SYLVIUS.
s. t. sup. : Sillon temporal supérieur.
s. t. m. : Sillon temporal moyen.
s.t. inf. : Sillon temporal inférieur.
s. occ. temp. : Fissure collatérale
sc. calc. : Fissure calcarine.
p. hipp. : Pied d'hippocampe.

laire *(stria medullaris)*, *str. med.* La face inférieure de la couche optique repose sur le pédoncule cérébral par l'intermédiaire de la région sous-thalamique.

Les coupes qui passent par la partie postérieure du corps calleux FIG. 101, et par la partie moyenne du lobe occipital, FIG. 102, n'intéressent plus que le prolongement occipital des ventricules latéraux, dans lequel s'engage un repli des plexus choroïdes latéraux.

Sur la face interne de ce prolongement occipital on voit la substance blanche faire saillie dans la cavité ventriculaire ; cette saillie régulière porte le nom de *petit hippocampe* ou *ergot de Morand (calcar avis)*. Elle est due uniquement à l'existence, sur la face interne

des hémisphères cérébraux, au niveau du prolongement occipital du ventricule latéral, de la fissure calcarine qui est un *sillon complet* et qui, lors de son apparition, a refoulé dans la cavité ventriculaire toute l'épaisseur de la paroi des vésicules hémisphériques. Au dessus du petit hippocampe on trouve une autre saillie moins prononcée, formée par des fibres appartenant au corps calleux et appelée : *bulbe de la corne postérieure* (*bulbus cornu posterioris*). En décrivant les fissures de la face externe des hémisphères cérébraux nous avons vu que cette saillie ventriculaire correspond également à une dépression externe du lobe occipital : la fissure pariéto-occipitale.

Littérature.

G. Retzius : *Ueber ein dem Saccus vasculosus entsprechendes Gebilde am Gehirn des Menschen und anderer Säugethiere.* Biologische Untersuchungen. Neue Folge. Bd. VII, 1895. — *Das Menschenhirn.* Stockholm, 1896. — His : *Die anatomische Nomenclatur.* Archiv für Anatomie und Physiologie. Anatom. Abth., 1895. Supplement-Band. — Retzius : *Zur äusseren Morphologie des Riechhirns der Säugethiere und des Menschen.* Biolog. Untersuchungen. Neue Folge, Bd. VIII, 1898.

SEPTIÈME LEÇON

Le cerveau terminal ou télencéphale.

Conformation interne du télencéphale. *(Suite)*

Etude d'une série de coupes horizontales.
La substance blanche et l'écorce grise.
Le corps calleux. — La voûte à trois piliers ou trigone cérébral.
La commissure antérieure. — Le ventricule latéral.

Nous avons vu, dans la dernière leçon, que chaque hémisphère cérébral est formé d'une couche de substance grise périphérique : la *couche corticale grise* ; de trois masses grises placées dans le voisinage de la couche optique : le *noyau caudé*, le *noyau lenticulaire* et l'*avant-mur* formant par leur ensemble le *corps strié* ; d'une masse de substance blanche et d'une cavité ventriculaire située entre la substance blanche et les ganglions gris de la base.

Une série de coupes frontales nous a appris à connaître la forme, la situation et les rapports réciproques des masses grises entre elles, puis leurs rapports avec la couche optique, les cavités ventriculaires et l'insula de REIL. Nous allons faire aujourd'hui la même étude sur une série de coupes horizontales.

Coupes horizontales.

Quand on pratique une coupe horizontale à travers les deux hémisphères à quelque distance au-dessus du corps calleux, FIG. 103, on voit que chaque hémisphère est formé à ce niveau d'une masse blanche centrale, le *centre semi-ovale (centrum semiovale)*, enveloppée par l'écorce grise. Si la coupe passe tout juste au-dessus du corps calleux, FIG. 104, les noyaux blancs des deux hémisphères se trouvent reliés par la substance blanche du corps calleux ; la coupe est consti-

tuée alors d'un immense noyau central de substance blanche, appelé *centre ovale de Vieussens*, entouré encore par l'écorce grise. La face supérieure du corps calleux présente, de chaque côté de la ligne médiane, une mince lamelle grise, le *voile gris* ou *indusium gris*. Ce voile gris présente un bord externe, la *strie longitudinale latérale (stria longitudinalis lateralis)*, par lequel il se continue avec l'écorce grise de la

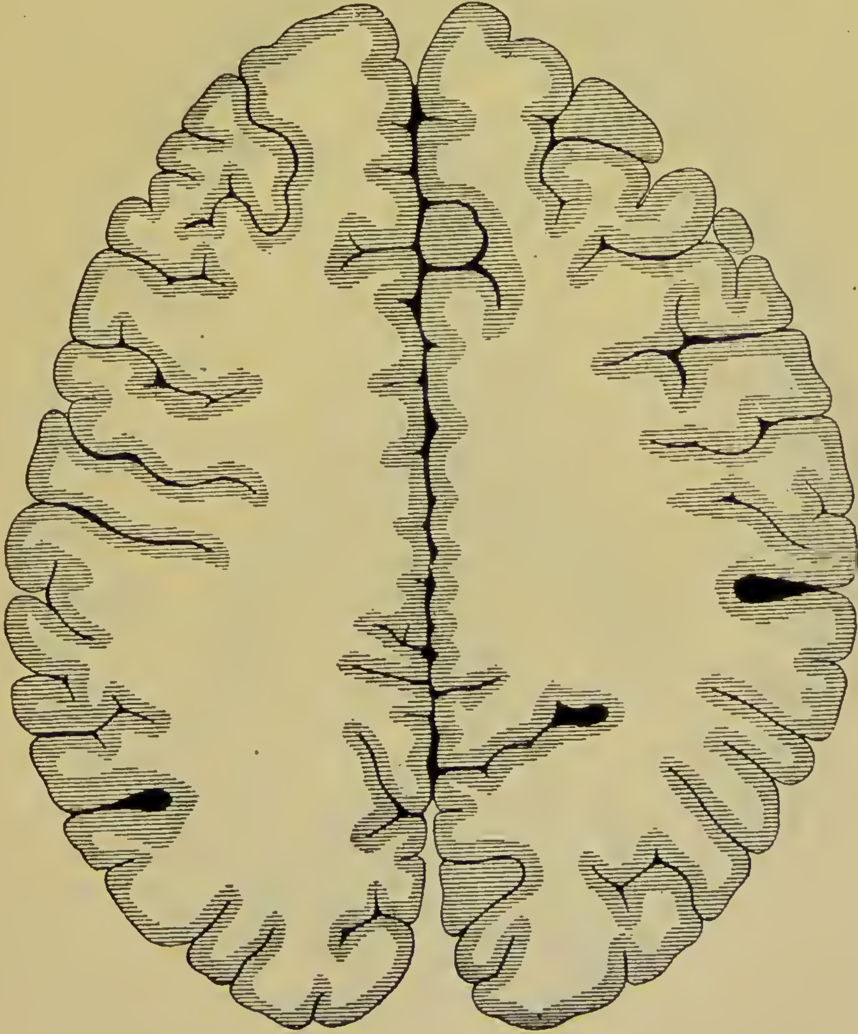


Fig. 103.
Coupe horizontale du cervau terminal un peu au-dessus du corps calleux. Gr. nat. 2/3.

circonvolution voisine ou circonvolution du corps calleux et un bord interne, légèrement épaissi et blanc, connu sous le nom de *nerf de Lancisi* ou *strie longitudinale médiane (stria longitudinalis medialis)*. Ce voile gris contourne, en arrière, le bourrelet du corps calleux pour se continuer avec la *fasciola cinerea* èt, par là, avec le

faisceau denté ; il contourne, en avant, le genou du corps calleux pour se continuer avec le pédoncule du corps calleux ou circonvolution sous-calleuse. Nous avons vu que ce voile gris est une circonvolution avortée et que la strie médiane de ce voile représente le bord d'arrêt de l'écorce grise de chaque hémisphère cérébral.

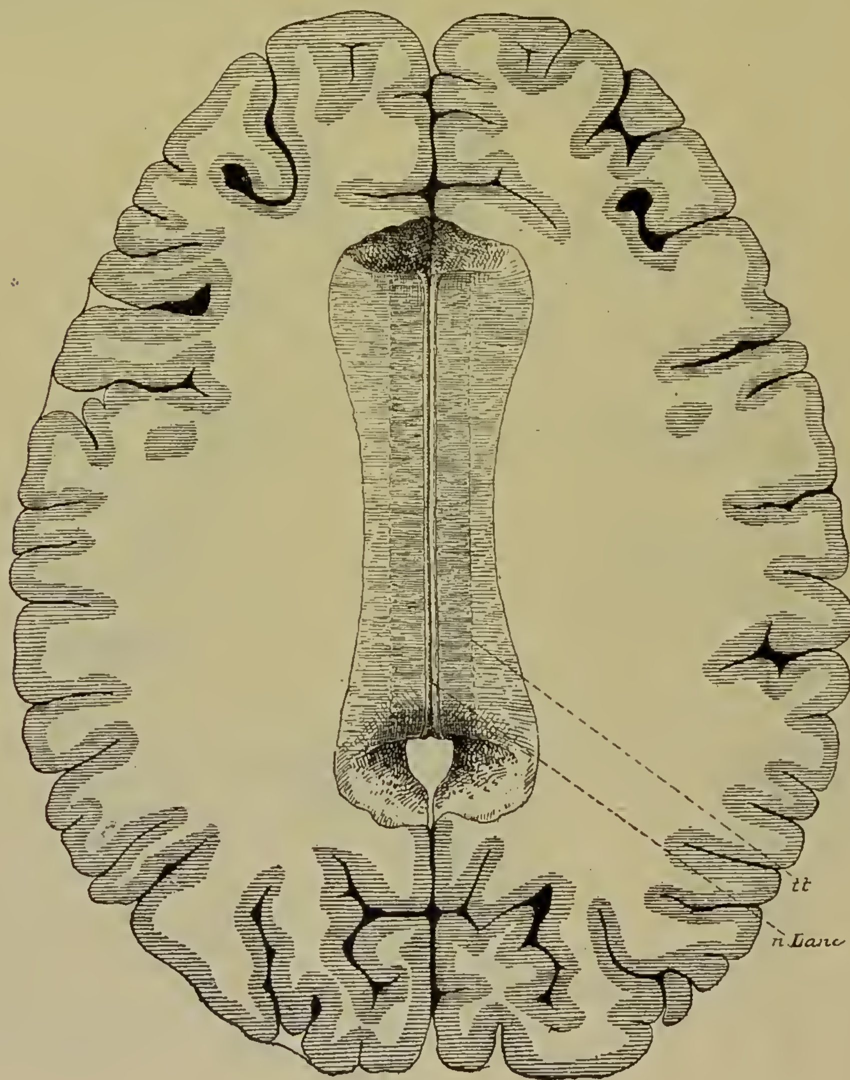


FIG. 104.

Coupe horizontale du cerveau terminal au niveau de la face supérieure du corps calleux. Gr. nat. 2/3.

n. Lanc. : Nerfs de Lancisi ou stries longitudinales médianes.
tt. : Tœnia tecta ou stries longitudinales latérales.

Si on enlève le corps calleux dans toute son étendue, on pénètre, de chaque côté, dans les ventricules latéraux, FIG. 105 . Sur la ligne médiane, on trouve, d'avant en arrière, la section du genou du corps

calleux, la cloison transparente et la face supérieure de la voûte à trois piliers. Les piliers postérieurs de cette voûte s'écartent angulairement l'un de l'autre et disparaissent dans le prolongement

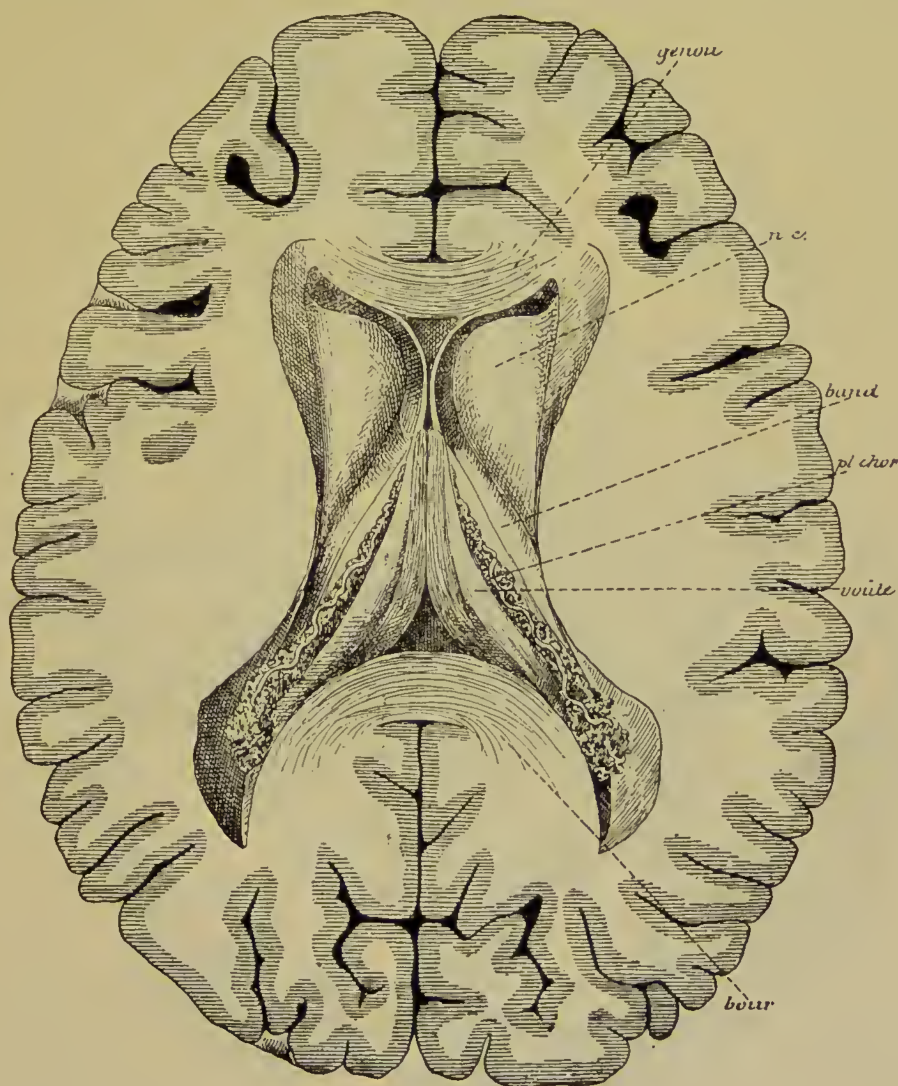


FIG. 105.

Le cerveau terminal sectionné comme dans la figure précédente, mais après l'enlèvement du corps calleux. Gr. nat. 2/3.

n. c. : Noyau caudé.
band. : Strie terminale.
pl. chor. : Plexus choroïde.
bour. : Bourrelet du corps calleux.

temporal. Le long des bords latéraux de ces piliers courent les plexus choroïdes latéraux. De chaque côté de la ligne médiane, on voit le plancher du ventricule latéral. Il est formé, en dedans, par une partie de la face supérieure de la couche optique recouverte

par la *lamina affixa* et, en dehors, par le noyau caudé. L'extrémité antérieure renflée ou tête de noyau caudé dépasse considérablement la couche optique. Les têtes des deux noyaux sont séparées l'une de l'autre par la cloison transparente.

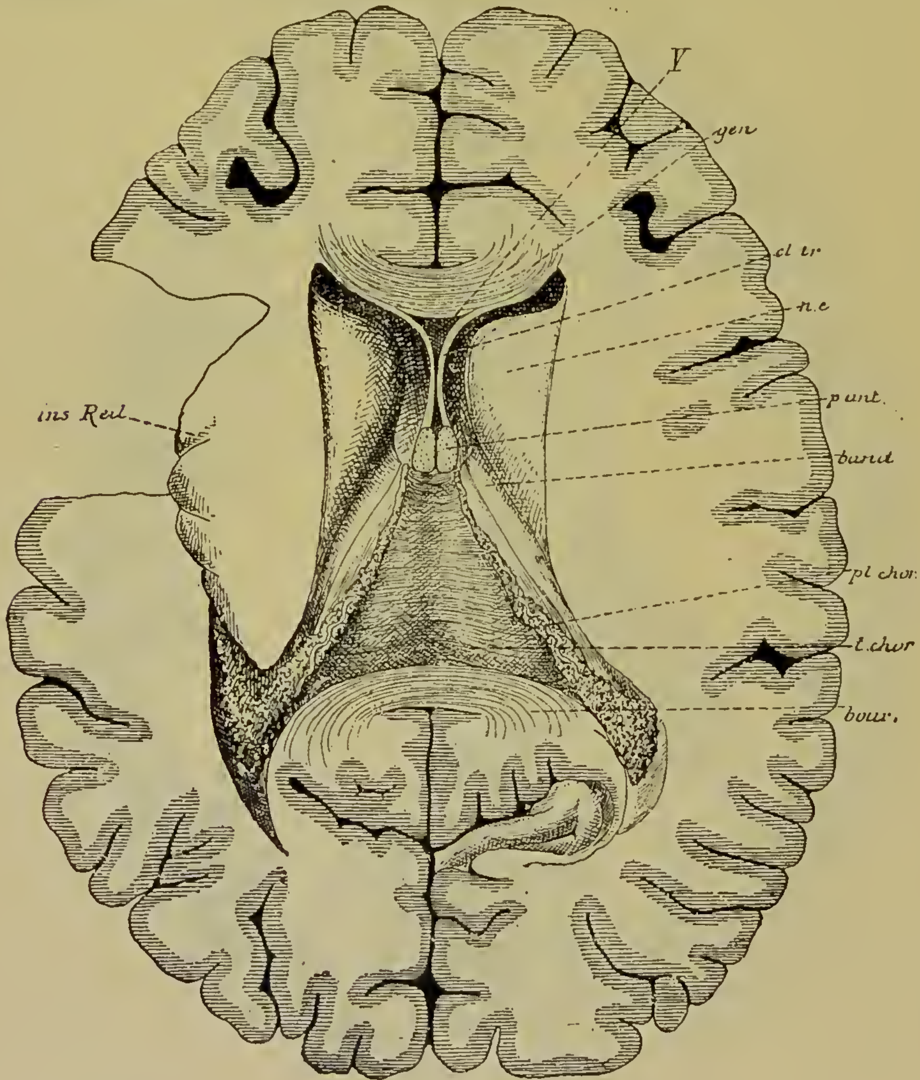


FIG. 106.

Même figure que la précédente après l'enlèvement de la voûte à 3 piliers. Gr. nat. 2/3.

V : Cavité de la cloison transparente.
gen. : Genou du corps calleux.
cl. tr. : Cloison transparente.
n. c. : Noyau caudé.
p. ant. : Piliers antérieurs du trigone.
band. : Strie terminale.
pl. chor. : Plexus choroïde.
t. chor. : Toile choroïdienne.
bour. : Bourrelet du corps calleux.

Enlevons maintenant le trigone cérébral ou la voûte à trois piliers en sectionnant les piliers antérieurs tout près de la cloison

transparente, nous parvenons sur la face supérieure de la *toile choroïdienne du troisième ventricule (tela chorioidea ventriculi tertii)* FIG. 106. Celle-ci constitue une membrane triangulaire, dont la base

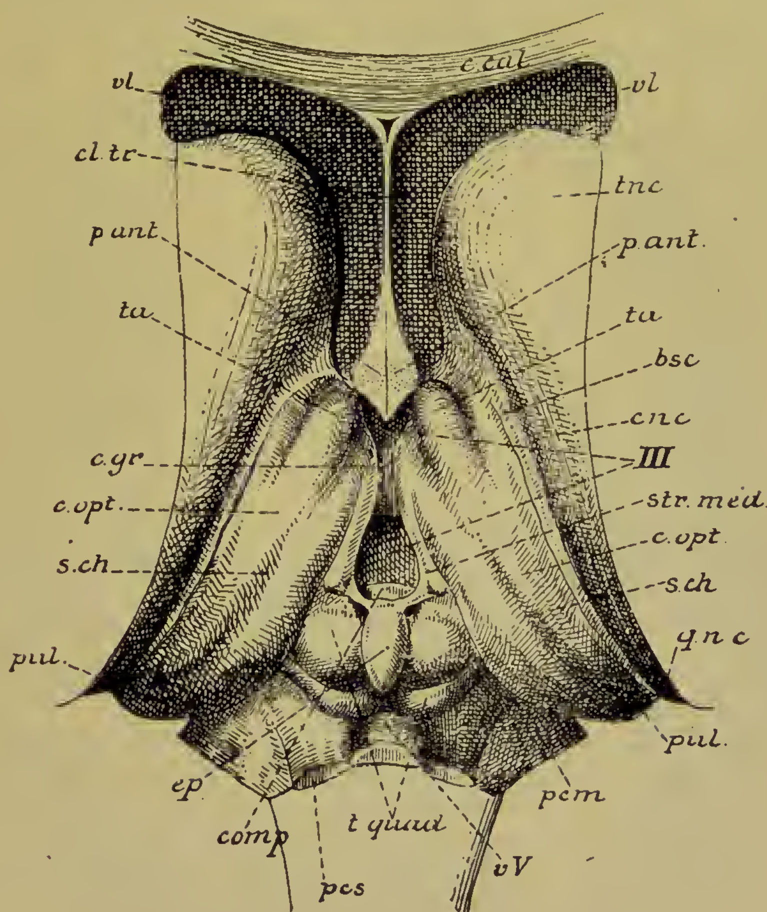


FIG. 107.

Le tronc cérébral vu par le haut, après enlèvement du corps calleux, de la voûte à trois piliers et de la toile choroïdienne. Gr. nat.

c. cal. : Coupe du genou du corps calleux.
cl. tr. : Cloison transparente.
vl : Ventricule latéral.
tnc : Tête du noyau caudé.
p. ant. : Section des piliers antérieurs de la voûte.
ta : Tubercule antérieur de la couche optique.
bsc : Bandelette semi-circulaire.
cnc : Corps du noyau caudé.
III : Troisième ventricule.
str. méd. : Strie médullaire de la couche optique.
c. opt. : Couche optique.
s. ch. : Sillon choroïdien.
qnc : Queue du noyau caudé.
pul. : Pulvinar.
pcm : Pédoncule cérébelleux moyen.
vv : Valvule de VIEUSSENS.
t. quad. : Tubercules quadrijumeaux.
pcs : Pédoncule cérébelleux supérieur.
comp. : Commissure postérieure.
c. gr. : Commissure grise.

répond à la partie moyenne de la fente de BICHAT, dont le sommet touche les piliers antérieurs de la voûte et dont les bords latéraux,

longés par les plexus choroïdes, reposent dans le sillon choroïdien de la couche optique. Arrivés près de la base de cette toile, les plexus choroïdes latéraux envoient un prolongement dans la cavité ventriculaire du lobe occipital, puis se continuent avec le plexus choroïde du prolongement temporal.

Il suffit d'enlever sur cette coupe la toile choroïdienne pour pénétrer dans le troisième ventricule, FIG. 107. Celui-ci est limité, en avant, par les piliers antérieurs de la voûte, latéralement par les faces internes des couches optiques, et, en arrière, par la base de l'épiphyse et la commissure postérieure. Il est traversé par la commissure grise ou commissure molle. De chaque côté de ce ventricule médian apparaît la face supérieure libre de la couche optique avec le sillon choroïdien et le tubercule antérieur, la bandelette semi-circulaire ou strie terminale et la face supérieure du noyau caudé.

Pour étudier les rapports des ganglions extra-ventriculaires, nous devons encore pratiquer dans le cerveau une section horizontale, à environ un centimètre en dessous de la face libre du noyau caudé. La FIG. 108 représente le dessin d'une pareille coupe.

On y trouve, sur la ligne médiane et d'avant en arrière, la section du genou du corps calleux, une partie de la cloison transparente, la section des piliers antérieurs de la voûte, le troisième ventricule traversé par la commissure grise et la commissure postérieure. De chaque côté de la ligne médiane, on voit une partie du ventricule latéral, puis la section des ganglions gris de la base.

La couche optique forme la paroi latérale du ventricule médian. Le noyau caudé est sectionné au niveau de sa partie renflée ou tête et au niveau de la queue. Le noyau lenticulaire apparaît comme une masse grise triangulaire entièrement enveloppée par la substance blanche. Il est divisé en trois segments par deux lamelles blanches parallèles à la base. Celle-ci répond au fond de la fissure de SYLVIUS. Elle est séparée de l'écorce grise par la capsule externe, l'avant-mur et la capsule extrême. Le sommet du noyau lenticulaire s'engage dans l'angle rentrant formé par la tête du noyau caudé et par la couche optique. Le noyau lenticulaire est séparé de la couche optique et du noyau caudé par une bande de substance blanche qui constitue la *capsule interne (capsula interna)*.

Cette capsule est formée de deux bras : un bras antérieur situé entre le noyau lenticulaire et la tête du noyau caudé ou *partie*

frontale de la capsule interne (pars frontalis capsulae internae), et un bras postérieur séparant le noyau lenticulaire de la couche optique ou *partie occipitale de la capsule interne (pars occipitalis capsulae*

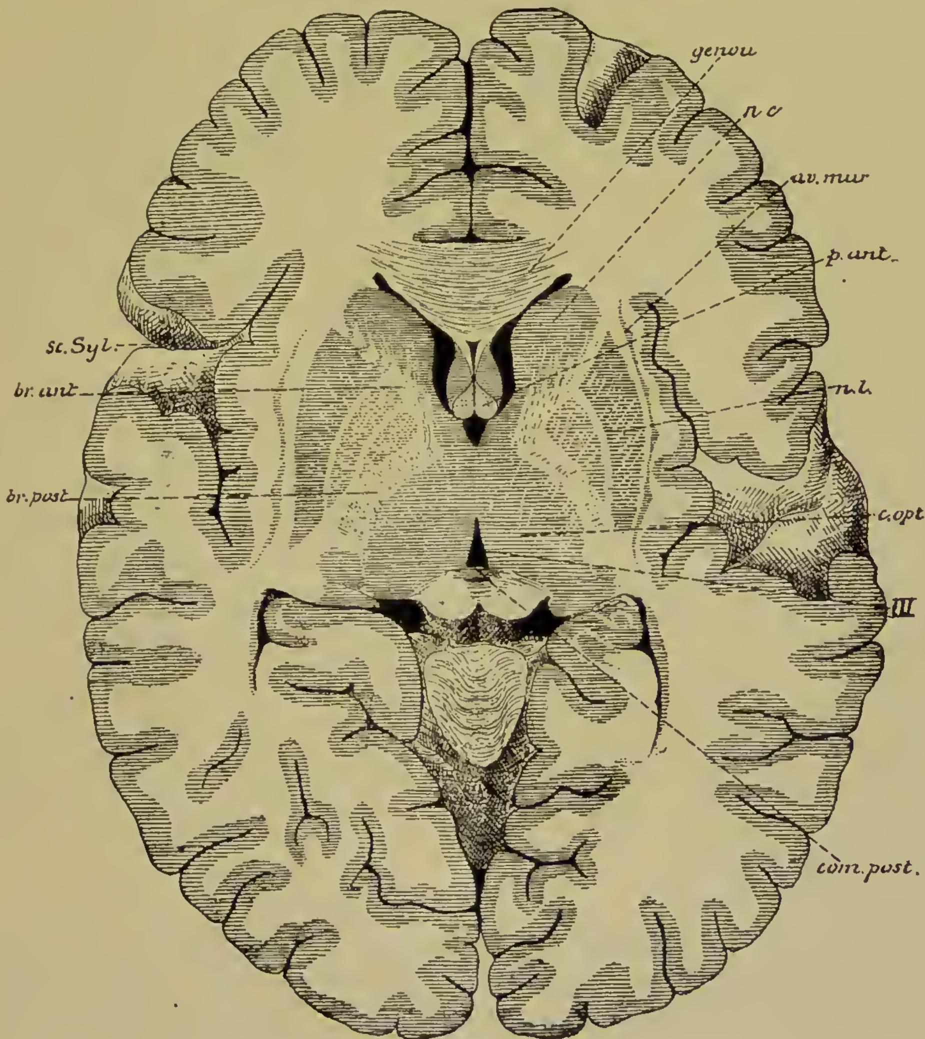


FIG. 108.

Section horizontale du cerveau terminal montrant les rapports des ganglions de la base. Gr. nat. 2/3.

n. c. : Noyau caudé.
av. mur. : Avant-mur.
p. ant. : Piliers antérieurs du trigone.
n. l. : Noyau lenticulaire.
c. opt. : Couche optique.
III : Troisième ventricule.
com. post. : Commissure postérieure.
br. post. : Partie occipitale de la capsule interne.
br. ant. : Partie frontale de la capsule interne.
sc. Sylv. : Fissure de SYLVIUS.

internae). Le point de réunion de ces deux bras s'appelle le *genou de la capsule interne (genu capsulae internae)*.

La série de coupes frontales que nous avons étudiées dans la leçon précédente et la série de coupes horizontales que nous venons d'étudier ensemble nous ont donc renseignés sur la forme, la situation et les rapports des masses grises centrales du cerveau terminal. Il résulte de cette étude que ces masses grises correspondent au fond de la fissure de SYLVIUS ou à l'insula de REIL, c'est-à-dire à la partie de la face externe des vésicules hémisphériques primitives qui a subi un arrêt dans le développement. L'avant-mur et le noyau lenticulaire sont complètement enveloppés par de la substance blanche et ne sont directement visibles ni sur la face externe, ni sur la face interne ou face ventriculaire des hémisphères; le noyau caudé seul fait saillie dans le ventricule latéral.

Embryologiquement, nous devons considérer le noyau caudé et le noyau lenticulaire comme deux parties d'une même masse grise, appelée le *corps strié (corpus striatum)*. Ce corps strié lui-même n'est qu'une partie épaissie de la paroi des vésicules hémisphériques faisant saillie dans le ventricule ; il doit par conséquent être considéré, morphologiquement, comme une dépendance de la couche corticale grise. A l'époque où les prolongements cylindraxiles des cellules nerveuses s'entourent de leur gaine de myéline, c'est-à-dire au moment où apparaît la substance blanche du cerveau terminal, on voit celle-ci traverser le corps strié et le diviser en deux parties plus ou moins distinctes, dont l'interne va devenir le noyau caudé et l'externe le noyau lenticulaire.

Les ganglions gris de la base nous étant ainsi connus, il nous reste encore à étudier le *pallium*, c'est-à-dire la substance blanche du cerveau terminal recouverte par la couche corticale grise, ainsi que la disposition des ventricules latéraux.

La substance blanche et l'écorce grise.

La couche grise périphérique ou *substance corticale (substantia corticalis)* est une couche continue, assez épaisse, recouvrant toute la face externe des deux hémisphères. On la trouve aussi bien au fond et sur les parois des sillons qu'à la surface des circonvolutions ; il est plus que probable que les sillons et les circonvolutions n'ont d'autre but que d'augmenter considérablement l'étendue de cette écorce grise. Il nous paraît important de faire ressortir que cette écorce grise est

beaucoup plus étendue que cela ne le parait au premier abord. La partie de cette écorce cachée dans les sillons, étalée en surface, l'emporterait et de beaucoup sur la partie de l'écorce recouvrant la surface libre des circonvolutions.

La substance blanche du cerveau terminal se rencontre principalement au-dessus des ganglions de la base ; sur des coupes horizontales, elle constitue ce que l'on appelle communément le centre semi-ovalaire de VICQ d'AZYR et le centre ovale de VIEUSSENS. Au niveau des ganglions, elle forme des bandes blanches qui séparent ces ganglions les uns des autres et qu'on appelle : *capsule interne, capsule externe* et *capsule extrême.*

La *capsule interne (capsula interna)* est la plus importante des trois. Nous verrons en effet plus tard que c'est par là que passent les fibres motrices qui se rendent de l'écorce cérébrale vers les masses grises situées plus bas, masses grises qui constituent les noyaux d'origine des nerfs moteurs périphériques ; par là aussi passent les fibres sensitives qui viennent des différentes régions de l'axe cérébro-spinal dans lesquelles se terminent les fibres sensitives périphériques, pour se rendre au cerveau terminal. La capsule interne est comprise entre le noyau lenticulaire qui est situé en dehors, le noyau caudé et la couche optique qui sont placés en dedans. Elle apparaît le mieux dans toute son étendue sur des coupes horizontales, FIG. 108.

Elle est formée, avons-nous vu, d'un bras antérieur ou *partie frontale* compris entre la tête du noyau caudé et le noyau lenticulaire, et d'un bras postérieur ou *partie occipitale* séparant le noyau lenticulaire de la couche optique. Ces deux bras se réunissent en formant un angle ouvert en dehors ; le sommet de cet angle s'appelle le *genou de la capsule interne (genu capsulae internae).*

On donne le nom de *capsule externe* à la masse de substance blanche qui sépare le noyau lenticulaire de l'avant-mur et le nom de *capsule extrême* à la bande blanche comprise entre l'avant-mur et l'écorce grise de l'insula de REIL.

Comme parties importantes, on distingue encore dans le reste de la substance blanche : le *corps calleux (corpus callosum)*, la *voûte à trois piliers* ou *fornix* et la *commissure antérieure du cerveau (commissura anterior cerebri).*

I. *Corps calleux.* On désigne sous le nom de *corps calleux* la lame épaisse de substance blanche qui existe au fond de la grande fissure

médiane interhémisphérique, approximativement au niveau des deux quarts moyens du cerveau terminal, et qui relie l'un à l'autre les deux hémisphères cérébraux. Il suffit d'écarter, sur un cerveau frais, les deux hémisphères au niveau de la fissure médiane, pour voir apparaître la face supérieure convexe du corps calleux. Cette face est parcourue, de chaque côté de la ligne médiane, par un mince cordon blanc à direction antéro-postérieure, connu sous le nom de *nerf de Lancisi* ou strie longitudinale médiane. Nous avons vu que cette strie n'est que le bord interne épaissi d'une lamelle grise, l'*indusium gris*, se continuant, en arrière, avec la *fasciola cinerea* et le faisceau denté et, en avant, avec le pédoncule du corps calleux.

La situation et la forme du corps calleux apparaissent le plus nettement sur une section médiane de l'encéphale, FIG. 109. Le corps calleux apparaît alors comme une lame épaisse de substance blanche présentant une légère convexité supérieure. A ses deux extrémités cette lame s'épaissit considérablement et s'infléchit sur elle-même. L'extrémité postérieure fortement renflée s'appelle le *bourrelet du corps calleux (splenium corporis callosi)* ; elle est située immédiatement au-dessus des éminences antérieures des tubercules quadrijumeaux. Elle forme la lèvre supérieure de la partie médiane de la grande fente cérébrale de BICHAT. L'extrémité antérieure, connue sous le nom de *genou du corps calleux (genu corporis callosi)*, se réfléchit en bas et en arrière en s'amincissant rapidement : cette partie amincie ou *bec (rostrum corporis callosi)* se continue avec la lame terminale. La partie moyenne porte le nom de *corps* ou *tronc du corps calleux (truncus corporis callosi)*.

La face supérieure convexe du corps calleux n'est libre qu'au niveau de la fissure interhémisphérique ; elle est en rapport, en arrière, avec le bord inférieur de la faux du cerveau. La face inférieure concave répond, sur la ligne médiane, à la voûte à trois piliers et à la cloison transparente ; de chaque côté, elle forme dans toute son étendue la voûte du ventricule latéral, puis se perd dans la substance blanche des hémisphères.

II. *La voûte à trois piliers* appelée encore *voûte à quatre piliers* ou *trigone cérébral (fornix)*. On donne ce nom à deux cordons de substance blanche aplatis de haut en bas et situés, l'un à côté de l'autre, à la face inférieure de la partie médiane du corps calleux, au-dessus de la toile choroïdienne du troisième ventricule. Près du bourrelet du corps calleux, ces deux cordons s'écartent angulairement l'un de

l'autre et prennent le nom de *piliers postérieurs du trigone (crura fornicis)* ; ils se recourbent alors en bas, puis en avant, en contournant l'extrémité postérieure de la couche optique et s'étendent jusque près de l'extrémité antérieure du prolongement temporal du ventricule latéral. Dans ce ventricule, leur partie externe longe le bord concave de la *corne d'Ammon*, s'insinue entre celle-ci et la face externe de

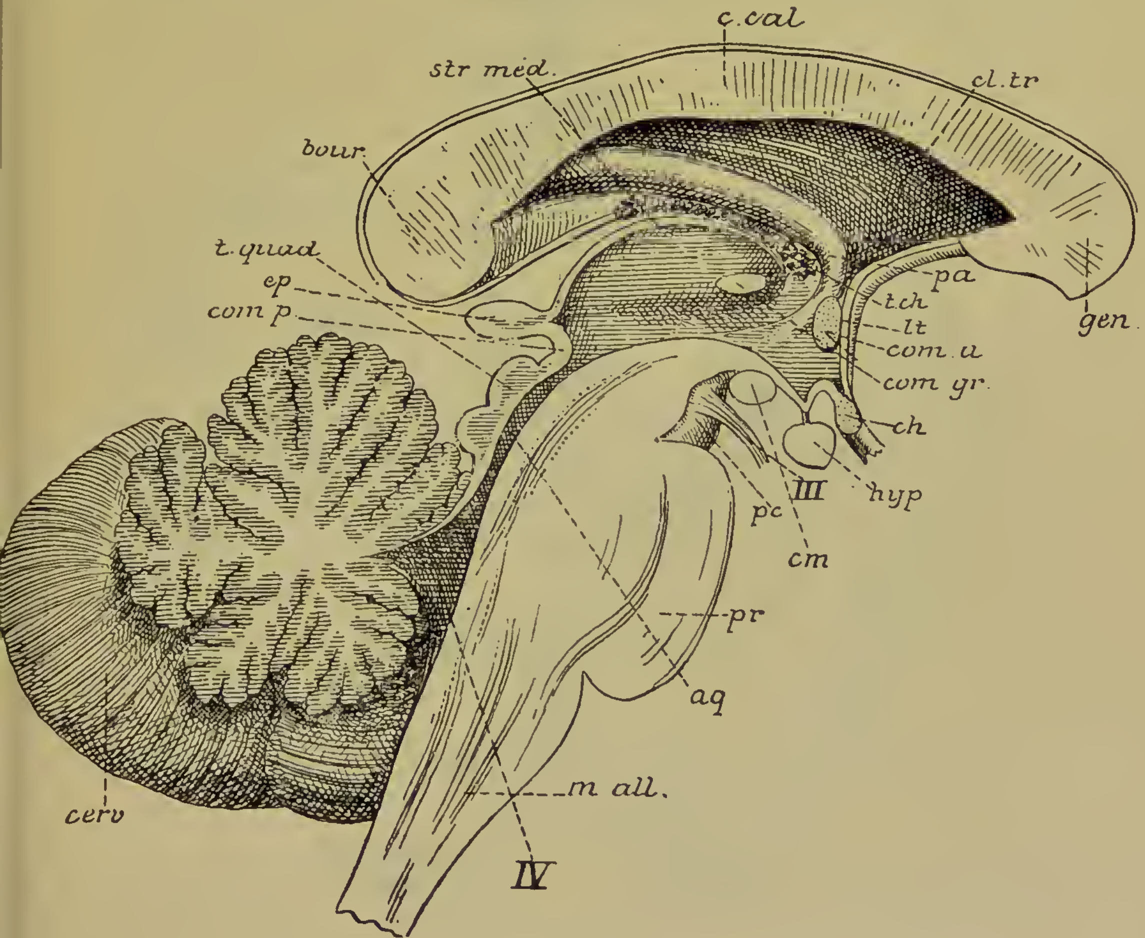


Fig. 109.

Coupe médiane du tronc cérébral. Gr. nat.

m. all : Moelle allongée.
pr. : Protubérance annulaire.
cerv. : Cervelet.
IV : Quatrième ventricule.
aq. : Aqueduc de Sylvius.
t. quad. : Tubercules quadrijumeaux.
p. c. : Pédoncule cérébral.
III : Nerf oculo-moteur commun.
com. p. : Commissure postérieure,
ep. : Epiphyse ou corps pinéal.
cm : Corps mamillaires.
hyp. : Hypophyse.
ch. : Chiasma des nerfs optiques.
com. gr. : Commissure grise.
com. a : Commissure antérieure.
lt : Lame terminale.
t. ch. : Toile choroïdienne.
pa : Piliers antérieurs de la voûte.
gen. : Genou du corps calleux.
cl. tr. : Cloison transparente.
c. cal. : Corps calleux.
str. méd. : Strie médullaire de la couche optique.
bour. : Bourrelet du corps calleux.

l'uncus à laquelle elle adhère pour se continuer avec une mince lamelle fermant l'extrémité antéro-interne de la corne sphénoïdale du ventricule : le *voile terminal (velum terminale)* de Aeby. La partie interne de chaque pilier est libre et est connue sous le nom de

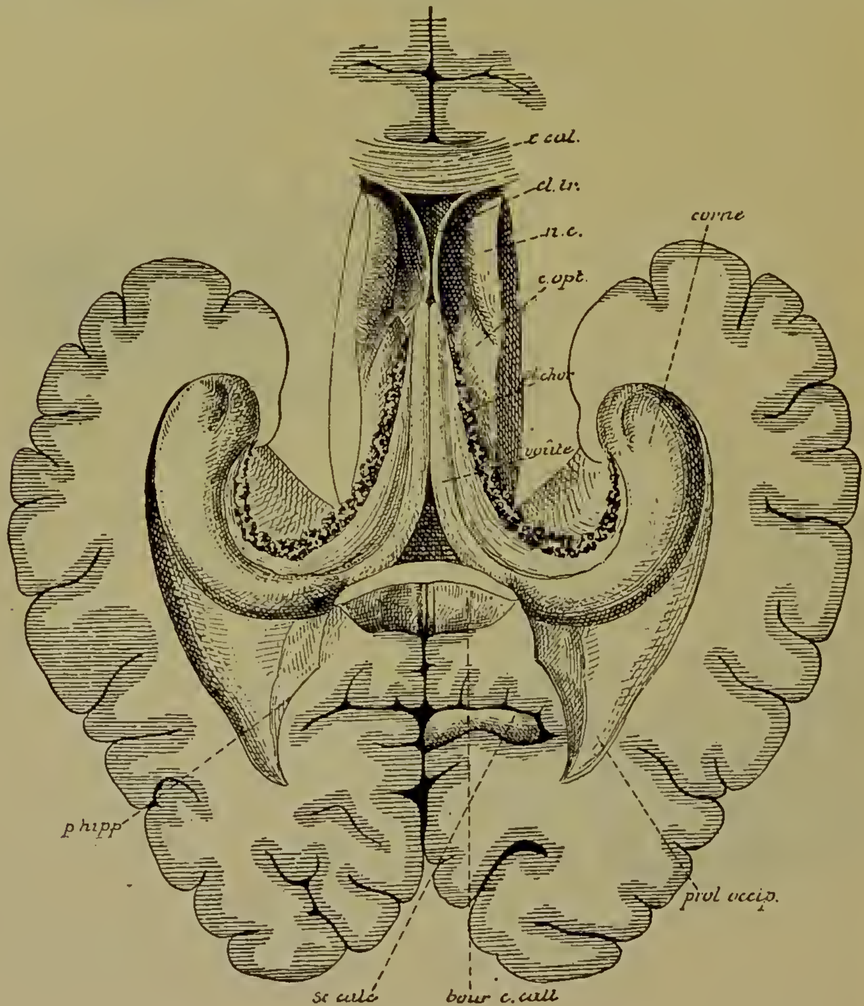


Fig. 110.

Les piliers postérieurs de la voûte à trois piliers se continuant avec la corne d'Ammon et la fimbria. Gr. nat. 2/3.

c. cal. : Coupe du genou du corps calleux.
cl. tr. : Section de la cloison transparente.
n. c. : Tête de noyau caudé.
c. opt. : Partie de la face supérieure de la couche optique.
pl. chor. : Plexus choroïde latéral.

fimbria ou *corps bordant*, fig. 110. Nous avons vu qu'à son extrémité antérieure, la fimbria se continue avec le sommet de l'uncus ou circonvolution intralimbique de Retzius. L'espace triangulaire, circonscrit par les deux piliers à la face inférieure du bourrelet du corps calleux, est

occupé par des fibres transversales intimement unies au corps calleux. Il porte le nom de *lyre* ou de *psalterium*. La voûte à trois piliers ne longe pas toute l'étendue de la face inférieure du corps calleux. Arrivés vers le milieu de ce corps, les deux cordons de la voûte s'arrondissent, quittent le corps calleux et descendent en bas en décrivant une courbure à convexité supérieure et antérieure. Ces *piliers antérieurs de la voûte (columnaė fornicis)* passent derrière la commissure blanche antérieure qui les sépare de la lame terminale, arrivent à la base du cerveau, se recourbent en arrière, et semblent se terminer dans les corps mamillaires.

Lorsque la voûte à trois piliers est appliquée contre la face inférieure du corps calleux, elle est formée de deux cordons aplatis de haut en bas. Le bord interne de ces cordons est épais et arrondi *(pars texta columnae fornicis),* le bord externe est mince et s'applique dans le sillon choroïdien de la face supérieure de la couche optique *(pars libera columnae fornicis).* Au niveau de ce bord externe, l'épithélium épendymaire du ventricule latéral passe sur le plexus choroïde latéral et de là se continue avec la *lamina affixa* ou partie épaissie de l'épithélium épendymaire tapissant la partie externe de la face supérieure de la couche optique. Le ventricule latéral se trouve ainsi nettement séparé du troisième ventricule. Au moment où les piliers antérieurs se séparent du corps calleux pour descendre en bas, ils quittent en même temps l'extrémité antérieure de la couche optique : de là résulte entre cette couche et le pilier antérieur correspondant de la voûte un orifice circulaire qui fait communiquer, de chaque côté, le ventricule médian avec le troisième ventricule : c'est le *trou de Monro*.

L'espace triangulaire laissé libre entre le genou du corps calleux et les piliers antérieurs de la voûte à trois piliers est fermé par deux minces lamelles blanches *(lamina septi pellucidi)* qui constituent le *septum lucidum* ou la *cloison transparente*. L'espace linéaire qui sépare ces deux lamelles l'une de l'autre forme le *cinquième ventricule* ou *cavité de la cloison transparente (cavum septi pellucidi).* Ce cinquième ventricule est une cavité close de toutes parts. Il ne communique pas avec les autres ventricules, parce que, embryologiquement, il ne représente pas une partie du canal neural primitif.

III. *Commissure antérieure.* On donne ce nom à un faisceau blanc, assez épais, à direction transversale, situé entre les piliers antérieurs de la voûte à trois piliers et la lame terminale. La position de cette commissure apparaît nettement, sur des coupes sagittales médianes.

Cette commissure est quelquefois double, formée d'un faisceau volumineux antérieur et d'un faisceau postérieur plus grêle et plus délicat.

Les ventricules du cerveau terminal ou ventricules latéraux.

Entre une des masses grises de la base, le noyau caudé, et la substance blanche de chaque hémisphère, il existe un espace libre qui constitue le *ventricule latéral (ventriculus lateralis).* Celui-ci communique avec le ventricule médian appartenant au cerveau intermédiaire par un orifice arrondi situé entre la couche optique et les piliers antérieurs de la voûte à trois pilliers et appelé trou de MONRO, FIG. 111.

Pour se faire une bonne idée du ventricule latéral, il ne faut pas oublier que dans le cours du développement, chaque hémisphère s'est recourbé sur lui-même, de manière à décrire dans son ensemble une anse à concavité antérieure.

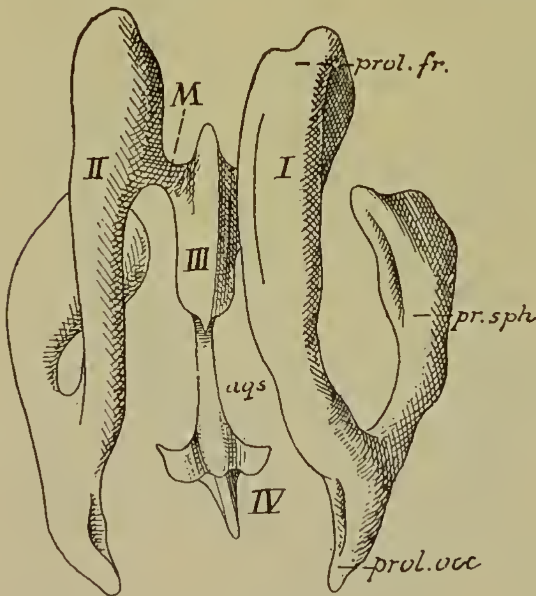


FIG. 111.

Moule des cavités ventriculaires de l'encéphale d'après WELKER (SCHWALBE).

I et *II* : Ventricules latéraux.
III : Ventricule médian.
M : Trou de MONRO.
aq. s. : Aqueduc de SYLVIUS.
IV : Quatrième ventricule.

On se rend bien compte de cette disposition spéciale des hémisphères en comparant les cerveaux embryonnaires représentés dans les FIG. 112, 113 et 114. Chez l'adulte, cette courbe existe pour le noyau caudé. Nous avons vu, en effet, que chaque noyau caudé représente une tige de substance grise, recourbée sur elle-même, dont l'extrémité antérieure renflée occupe le lobe frontal, tandis que l'extrémité postérieure effilée s'étend dans le lobe temporal. Cette courbure se retrouve encore dans la disposition du ventricule latéral.

Le ventricule latéral, considéré dans son ensemble, n'est pas une cavité horizontale s'étendant, dans chaque hémisphère, du pôle frontal au pôle occipital. C'est une cavité repliée sur elle-même,

présentant un prolongement antérieur qui s'enfonce dans le lobe frontal et qu'on appelle le *prolongement frontal* ou *corne antérieure (cornu anterius)*, et un prolongement postérieur qui se poursuit jusqu'à



FIG. 112.

Face externe du cerveau terminal d'un embryon humain de 12 centimètres de longueur. Gr. mat.

sc.S.: Fissure de SYLVIUS.

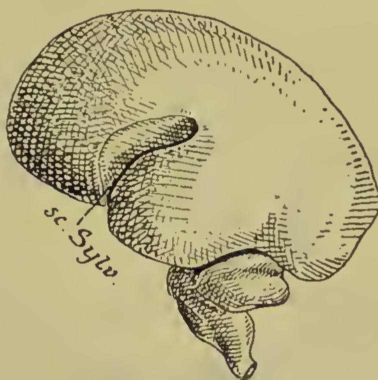


FIG. 113.

Face externe du cerveau terminal d'un embryon humain âgé d'environ quatre mois. Gr. nat.

sc. Sylv. : Fissure de SYLVIUS.

l'extrémité antérieure du lobe temporal et qu'on appelle le *prolongement temporal* ou *corne inférieure (cornu inferius)* du ventricule latéral, FIG. 115.

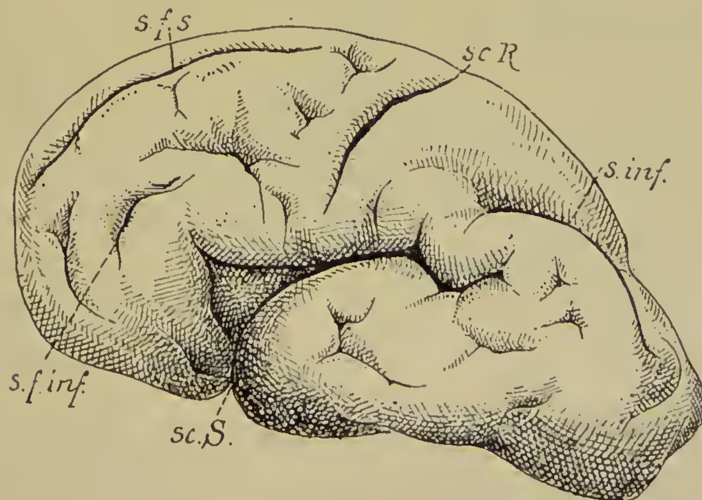


FIG. 114.

Face externe du cerveau terminal d'un embryon humain de 30 centimètres de longueur (environ 5 1/2 mois) Gr. nat.

sc. S. : Fissure de SYLVIUS.
sc. R. : Sillon de ROLANDO.
s. f. s. : Sillon frontal supérieur.
s. f. inf. : Sillon frontal inférieur.
s. inf. : Sillon interpariétal.

De plus, au moment où ce ventricule se réfléchit dans le lobe temporal, une partie s'en détache pour s'enfoncer dans le lobe occipital : c'est le *prolongement occipital* ou *corne postérieure (cornu posterius).*

Les deux ventricules latéraux sont séparés l'un de l'autre, en avant, par la cloison transparente et les piliers antérieurs de la voûte; en arrière, par le troisième ventricule. Ils sont séparés du

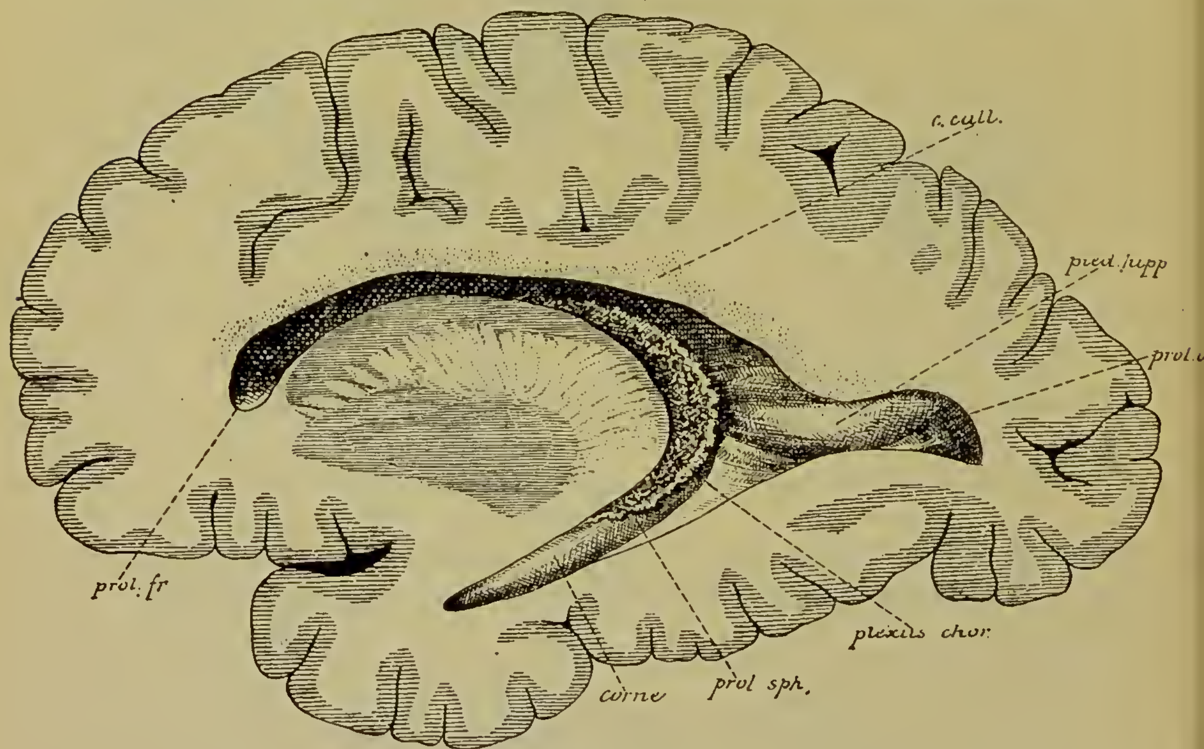


FIG. 115.

Section sagittale de l'hémisphère cérébral, quelque peu oblique en bas et en dehors, montrant toute l'étendue du ventricule latéral. Gr. nat. 2/3.

C. call. : Corps calleux.
pied hipp. : Pied d'hippocampe.
prol. fr. : Prolongement frontal ou corne antérieure du ventricule latéral.
prol. occ. : Prolongement occipital ou corne postérieure du ventricule latéral.
prol. sph. : Prolongement temporal ou corne inférieure du ventricule latéral.

ventricule médian par l'épithélium épendymaire qui passe du bord latéral de la voûte à trois piliers sur la face supérieure de la couche optique en recouvrant le plexus choroïde latéral, FIG. 116. Chaque ventricule latéral communique avec le ventricule médian par le trou de MONRO.

On peut distinguer à chaque ventricule latéral une partie moyenne qu'on appelle le *corps* ou *partie centrale (pars centralis)* du ventricule

et trois prolongements ou cornes: un prolongement frontal ou corne antérieure, un prolongement occipital ou corne postérieure et un prolongement temporal ou corne inférieure.

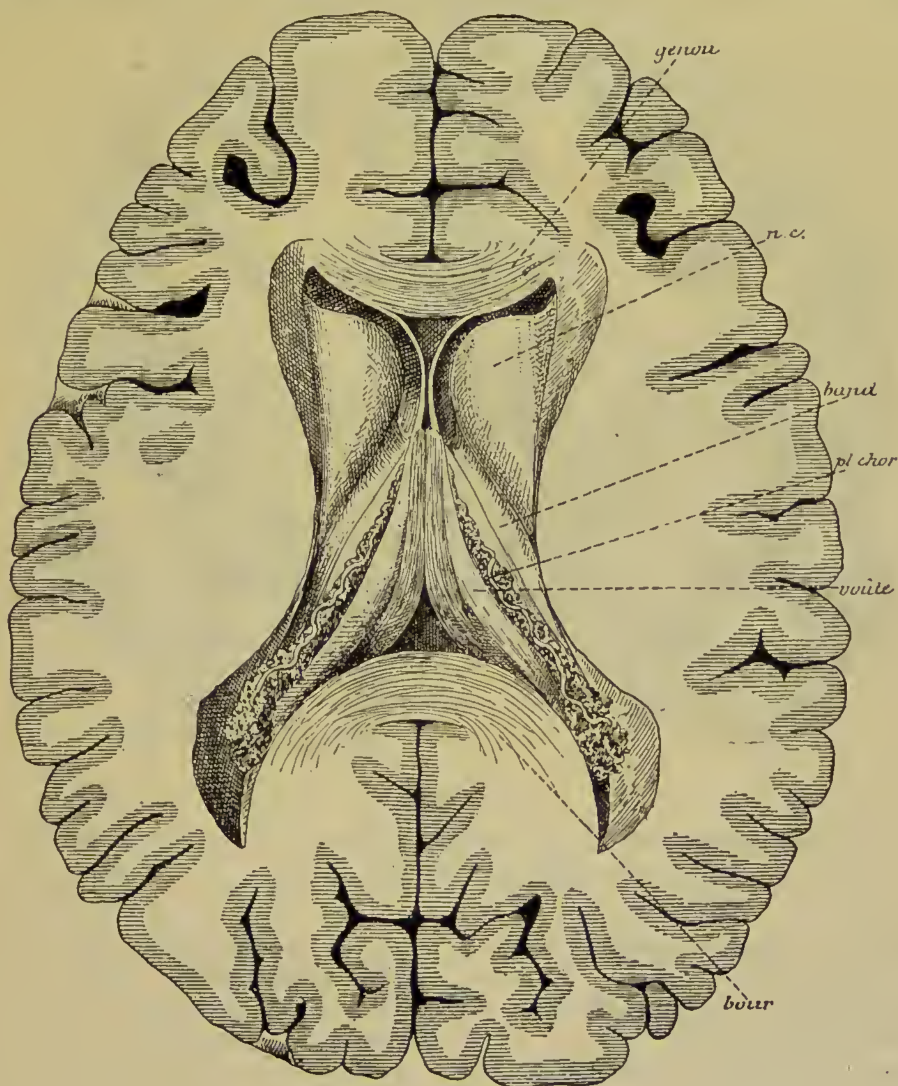


FIG. 116.

Les ventricules latéraux après l'enlèvement du corps calleux. Gr. nat. 2/3.

n. c. : Noyau caudé.
band. : Strie terminale.
pl. chor. : Plexus choroïde.
bour. : Bourrelet du corps calleux.

Le prolongement frontal présente comme plancher la partie renflée ou la tête du noyau caudé; sa paroi interne est formée par la cloison transparente. La face inférieure du corps calleux forme la voûte, FIG. 117.

Le corps du ventricule latéral correspond à toute l'étendue de la

couche optique. Il se présente, sur une coupe frontale, comme une large fente transversale dont la paroi supérieure est formée par le corps calleux, tandis que la paroi inférieure présente de dehors en dedans : le corps du noyau caudé, la veine du corps strié ou veine

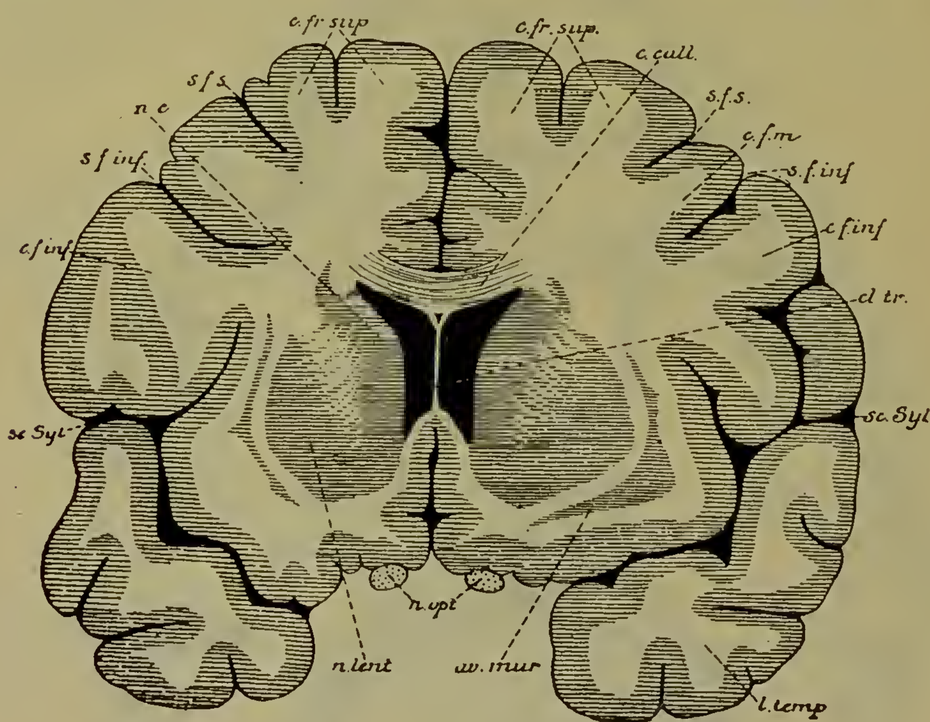


Fig. 117.

Coupe transversale du cerveau terminal passant par la corne antérieure du ventricule latéral. Gr. nat. 3/4.

c. fr. sup. : Circonvolution frontale supérieure.
s. f. s. : Sillon frontal supérieur.
c. call. : Corps calleux.
c. f. m. : Circonvolution frontale moyenne.
s. f. inf. : Sillon frontal inférieur.
c. f. inf. : Circonvolution frontale inférieure.
cl. tr. : Cloison transparente.
sc. Syl. : Fissure de Sylvius.
l. temp. : Lobe temporal.
av. mur : Avant-mur.
n. opt. : Nerfs optiques.
n. lent. : Noyau lenticulaire.
nc : Noyau caudé.

terminale avec la bandelette semi-circulaire ou strie terminale, une partie de la face supérieure de la couche optique recouverte par la *lamina affixa*, le plexus choroïde latéral et une partie de la face supérieure libre de la voûte à trois piliers, fig. 118.

Le prolongement occipital est limité en haut et en dehors par le corps calleux ; sa paroi interne et inférieure présente une éminence

arrondie qu'on appelle l'*ergot de Morand* ou le *petit hippocampe (calcar avis)*. Celle-ci représente simplement la saillie produite dans la cavité

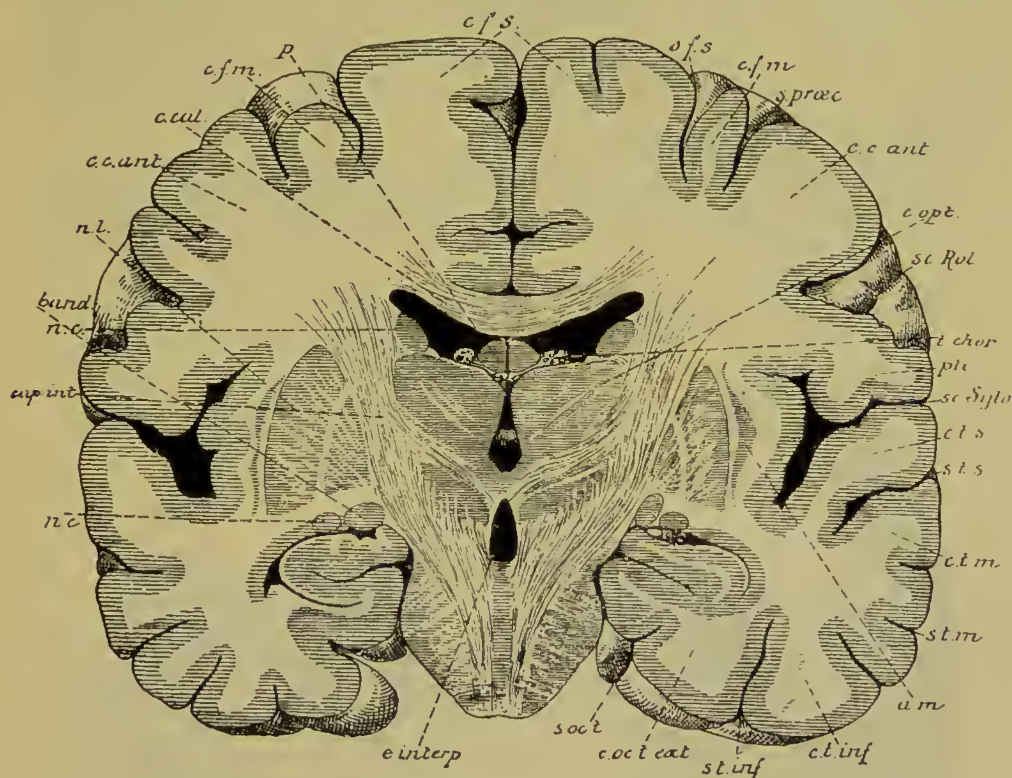


FIG. 118.

Coupe transversale de l'encéphale passant par la partie centrale du ventricule latéral. Gr. nat. 3/4.

cfs : Circonvolution frontale supérieure.
sfs : Sillon frontal supérieur.
cfm : Circonvolution frontale moyenne.
s. præc. : Sillon précentral.
cc. ant. : Circonvolution centrale antérieure.
sc. Rol. : Sillon de Rolando.
c. opt. : Couche optique.
t. chor. : Toile choroïdienne.
pli : Pli de passage entre les deux circonvolutions centrales.
sc. sylv. : Fissure de Sylvius.
c. t. s. : Circonvolution temporale supérieure.
s. t. s. : Sillon temporal supérieur.
c. t. m. : Circonvolution temporale moyenne.
s. t. m. : Sillon temporal moyen.
am : Avant-mur.
c. t. inf. : Circonvolution temporale inférieure.
s. t. inf. : Sillon temporal inférieur.
c. oc. t. ext. : Circonvolution occipito-temporale externe ou circonvolution fusiforme.
s. occ. t. : Sillon occipito-temporal ou fissure collatérale.
e. interp. : Espace interpédonculaire.
nc : Noyau caudé.
cap. int. : Bras postérieur de la capsule interne.
band. : Bandelette optique.
c. cal. : Corps calleux.
p : Voûte à trois piliers.

ventriculaire pa la praroi de la vésicule hémisphérique refoulée en dedans par la *fissure calcarine*. Vous vous rappelez que cette fissure .

existe sur la face interne du lobe occipital et qu'elle constitue un sillon complet, FIG. 119. Au-dessus de cette saillie on en trouve une autre, plus petite, appelée *bulbe de la corne postérieure.* Nous avons vu qu'elle correspond à la fissure pariéto-occipitale de la face interne des hémisphères cérébraux, fissure pariéto-occipitale qui représente un sillon complet.

Le prolongement temporal se termine en cul-de-sac à environ deux centimètres au devant de l'extrémité antérieure du lobe temporal.

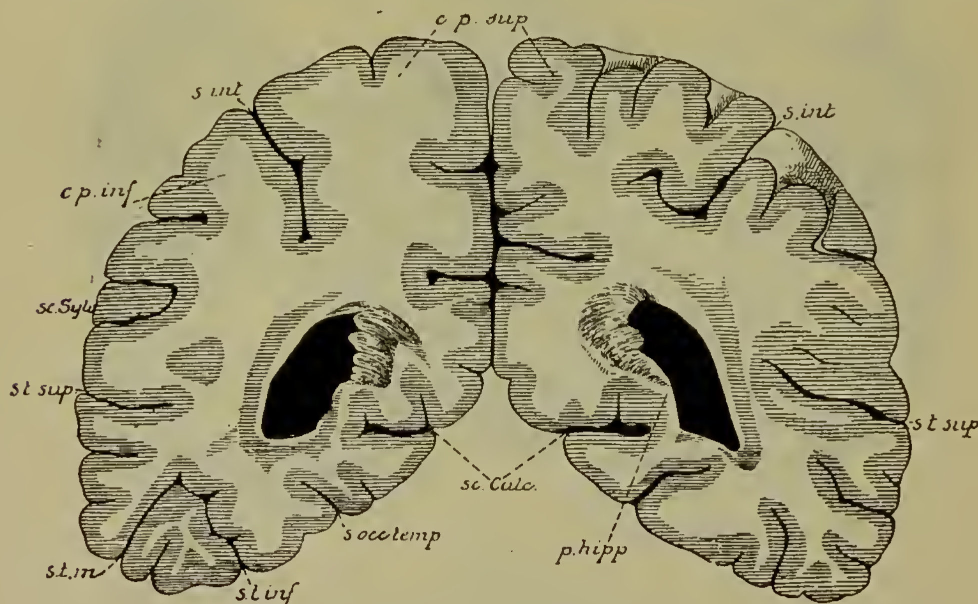


FIG. 119.

Coupe transversale du cerveau terminal passant par le prolongement occipital du ventricule latéral. Gr. nat. 3/4.

c. p. sup. : Circonvolution pariétale supérieure.
s. int. : Sillon interpariétal.
c. p. inf. : Circonvolution pariétale inférieure.
sc. Sylv. : Fissure de SYLVIUS.
s. t. sup. : Sillon temporal supérieur.
s. t. m. : Sillon temporal moyen.
s. t. inf. : Sillon temporal inférieur.
s. occ. temp. : Sillon occipito-temporal ou fissure collatérale.
sc. calc. : Fissure calcarine.
p. hipp. : Petit hippocampe.

Ce prolongement n'est fermé du côté de la fissure de l'hippocampe que par l'épithélium épendymaire refoulé dans la cavité ventriculaire par un repli de la pie-mère. Celle-ci présente à ce niveau une série de houppes vasculaires qui vont constituer les plexus choroïdes latéraux du prolongement temporal. La paroi supérieure de ce prolongement est formée par de la substance blanche, dans laquelle on trouve des fibres de la commissure antérieure, et par la substance grise de la queue du noyau caudé. Sur le plancher, on trouve une saillie blanche,

lisse et arrondie, à grand diamètre antéro-postérieur, qu'on appelle *corne d'Ammon*, *hippocampe* ou *grand pied d'hippocampe*. Elle représente simplement la paroi ventriculaire refoulée en dedans par la fissure de l'hippocampe qui est un sillon primaire complet, FIG. 120.

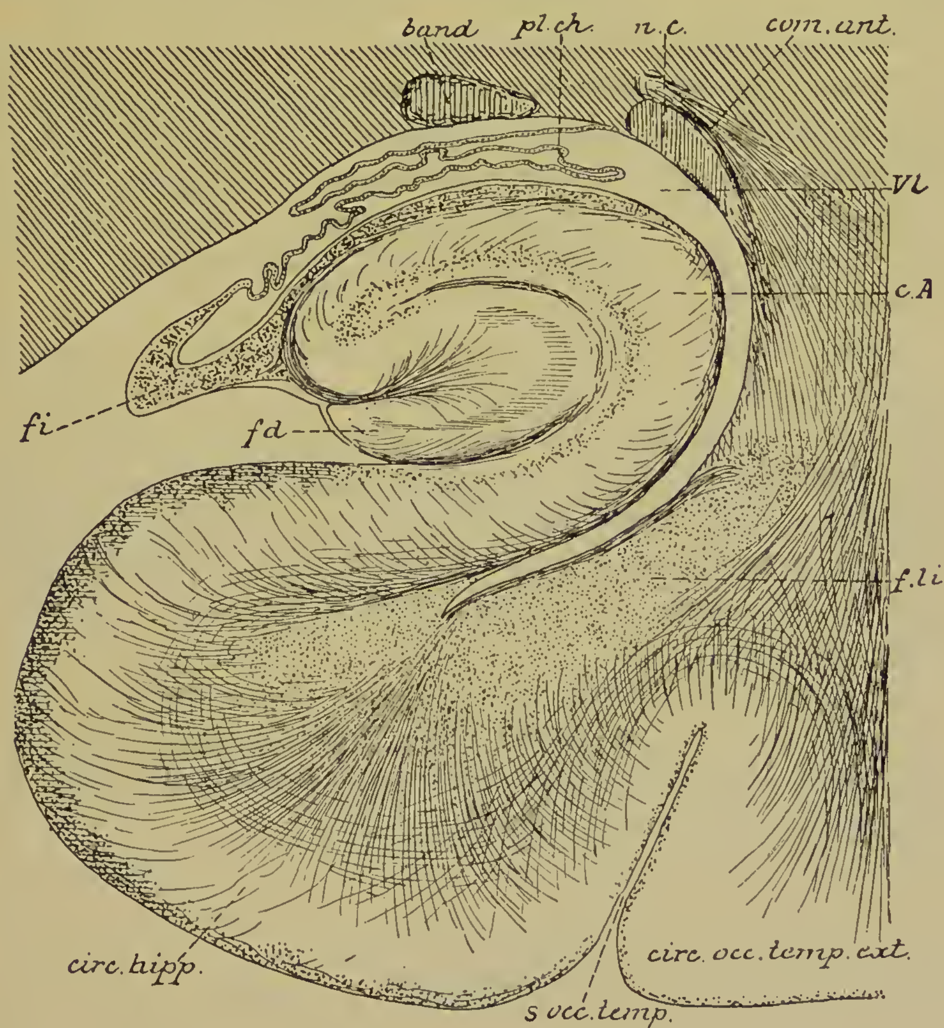


FIG. 120.

Coupe à travers le prolongement temporal du ventricule latéral (d'après EDINGER).

band. : Bandelette optique.
nc : Queue de noyau caudé.
pl. ch. : Plexus choroïde.
com. ent. : Fibres de la commissure antérieure.
vl : Cavité ventriculaire.
cA : Corne d'AMMON.
f. li. : Faisceau longitudinal inférieur (fibres d'association).
fd : Faisceau denté.
fi. : Fimbria.

Etroite dans sa partie postérieure, cette corne s'élargit rapidement en avant en même temps qu'elle décrit une courbe à convexité antérieure et externe. Arrivée près de l'extrémité antérieure du pro-

longement sphénoïdal du ventricule, la corne d'AMMON se termine par une partie renflée; celle-ci présente, le long de son bord antéro-externe, quelques légers sillons séparant l'un de l'autre quelques petits mamelons; ce sont les *digitations* et les *sillons interdigitaux* de l'hippocampe.

En dehors et un peu en dessous de la corne d'AMMON, le plancher de la corne inférieure du ventricule latéral présente quelquefois une légère saillie à direction antéro-postérieure : *l'éminence collatérale (eminentia collateralis)* représentant la paroi ventriculaire inférieure refoulée dans la cavité ventriculaire par la fissure collatérale, sillon complet qui parcourt, dans toute son étendue, le lobe temporo-occipital.

En dedans de la corne d'AMMON, on voit une mince bandelette blanche, appelée *fimbria* ou *corps bordant, fi*; elle se continue en arrière avec les piliers postérieurs de la voûte à trois piliers. De ce corps bordant se détache l'épendyme qui, après avoir été refoulé par la pie-mère dans la cavité ventriculaire et avoir tapissé les plexus choroïdes, va se continuer avec l'épendyme de la paroi supérieure; il ferme ainsi le ventricule latéral au fond de la scissure de l'hippocampe, FIG. 120.

En dessous et un peu en dehors du corps bordant, et par conséquent à l'extérieur de la cavité ventriculaire, au fond de la fissure de l'hippocampe, on rencontre le *faisceau denté* que nous avons décrit avec les circonvolutions.

Littérature.

HOCHSTETTER : *Ueber die Beziehung des Thalamue opticus zum Seitenventrikel der Grosshirnhemisphären*; Anatomischer Anzeiger, 1895, pp. 295-302. — L. EDINGER : *Vorlesungen über den Bau der nervösen Ceutralorgane des Menschen und der Thiere.* Fünfte Auflage, Leipzig, 1896. — W. HIS : *Die anatomiche Nomenclatur*; Archiv für Anatomie und Physiologie, Anatomische Abtheilung. 1895. Supplement-Band.

HUITIÈME LEÇON.

Les enveloppes de l'axe cérébro-spinal.

La dure-mère : dure-mère spinale et dure-mère cranienne.
Les lacs sanguins.
La pie-mère : pie-mère spinale et pie-mère cranienne.
L'arachnoïde : arachnoïde spinale et arachnoïde cranienne.
Les granulations de Pacchioni.

L'axe cérébro-spinal est entouré, dans la cavité encéphalo-rachidienne, par trois membranes qui lui sont propres. Ce sont les *méninges*. Elles varient entre elles par leur structure et par leur richesse en vaisseaux sanguins. La plus externe est de nature fibreuse : c'est la *dure-mère (dura mater)*. Elle forme autour de l'axe cérébro-spinal un immense sac fibreux parfaitement clos de toutes parts. Dans la boite cranienne, cette dure-mère adhère intimement à la face interne des os, tandis qu'elle est libre sur toute la longueur du canal rachidien.

La plus interne de ces méninges s'appelle la *pie-mère (pia mater)*. C'est une membrane conjonctive, excessivement riche en vaisseaux sanguins, qui se trouve directement appliquée sur la face externe des diverses parties de l'axe cérébro-spinal.

Entre la dure-mère et la pie-mère se trouve le feuillet méningé moyen, appelé *arachnoïde (arachnoida)*. Celle-ci n'est autre qu'une mince membrane conjonctive plus rapprochée de la dure-mère que de la pie-mère et reliée à ces deux enveloppes par de nombreuses brides conjonctives. Les espaces libres entre la dure-mère et l'arachnoïde constituent la *cavité sus-arachnoidienne* ou *cavité subdurale (cavum subdurale)*. Entre l'arachnoïde et la pie-mère existe la *cavité sous-arachnoïdienne (cavum subarachnoideale)*. Réduite à des espaces linéaires sur la plus grande étendue de l'encéphale, la cavité sous-arachnoïdienne devient volumineuse à certains endroits de la face externe de l'encéphale et sur toute l'étendue de la moelle épinière ; ces cavités portent le nom de *confluents sous-arachnoïdiens (cisternae subarachnoideales)*. La cavité sous-arachnoïdienne est occupée par un liquide séreux : le *liquide encéphalo-rachidien.*

Ces trois enveloppes se comportent d'une façon différente autour de l'encéphale et le long de la moelle épinière. Aussi, pour la facilité de la description, distingue-t-on une *dure-mère spinale* et une *dure-mère cranienne* ; une *pie-mère spinale* et une *pie-mère cranienne* ; une *arachnoïde spinale* et une *arachnoïde cranienne*.

Dure-mère.

Dure-mère spinale (dura mater spinalis). La dure-mère spinale forme un sac fibreux enveloppant la moelle épinière avec une partie des nerfs périphériques qui en dépendent. Elle occupe toute l'étendue du canal rachidien depuis le trou occipital jusqu'au niveau de la deuxième ou de la troisième vertèbre sacrée.

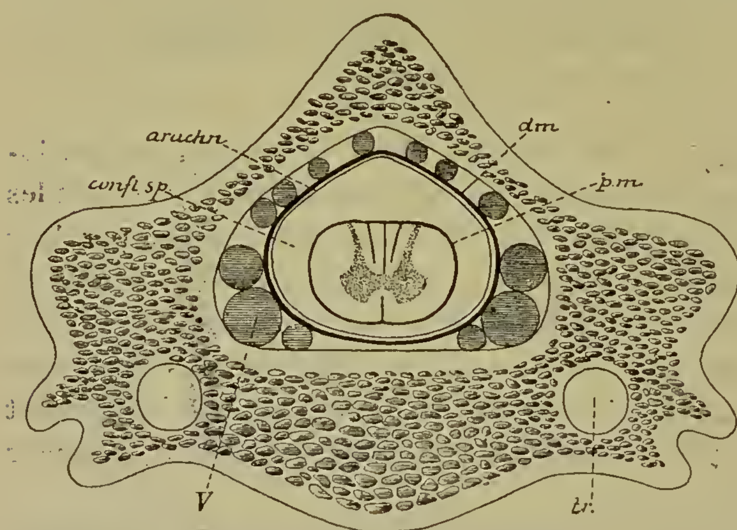


FIG. 121.

Coupe transversale de la colonne vertébrale au niveau des vertèbres cervicales inférieures.

tr. : Canal transversaire.
pm : Pie-mêre.
confl. sp. : Confluent spinal ou confluent cérébello-médullaire.
arach. : Arachnoïde.
dm : Dure-mère.
V : Veines occupant l'espace libre entre la dure-mère et la paroi du canal rachidien.

La face externe de ce sac fibreux est libre. Elle est séparée de la face interne des os par du tissu conjonctif adipeux et par les veines des plexus intra-rachidiens, FIG. 121. Le tissu adipeux est surtout abondant entre la dure-mère spinale et les lames des vertèbres. En avant, la dure-mère repose directement sur le *grand surtout ligamenteux postérieur*, auquel elle est unie par de nombreuses brides conjonctives, abondantes surtout le long de la moelle cervicale et de la moelle lombaire.

La face interne du sac dural est lisse. Elle répond directement à la méninge moyenne ou feuillet arachnoïdien, à laquelle elle est reliée par de nombreux filets conjonctifs très grêles. L'espace libre entre ces deux membranes forme la *cavité subdurale (cavum subdurale)* ou *cavité sus-arachnoïdienne.*

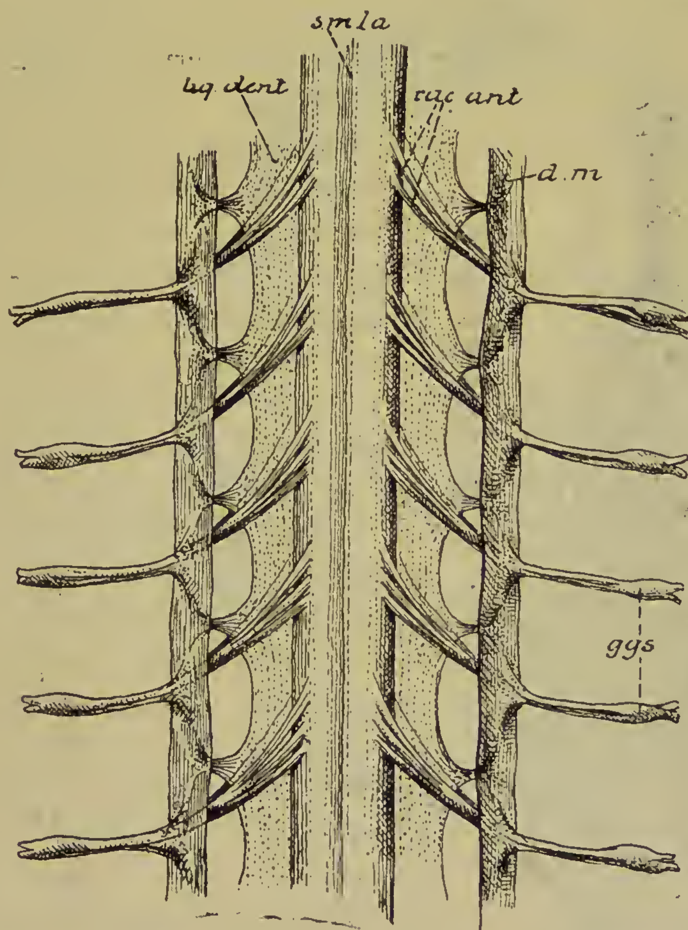


FIG. 122.

Partie de la moelle dorsale montrant le ligament dentelé. Gr. nat.

smla : Sillon médian longitudinal antérieur.
rac. ant. : Racines antérieures des nerfs spinaux.
d. m. : Partie de la dure-mère.
lig. dent. : Ligament dentelé.
ggs. : Ganglions spinaux.

La racine antérieure et la racine postérieure de chaque nerf spinal traversent séparément la dure-mère spinale. Celle-ci se prolonge sur ces racines jusqu'au niveau du ganglion spinal, où elle se continue insensiblement en partie avec le névrilemme du nerf périphérique et en partie avec le périoste des os voisins.

La face interne de la dure-mère spinale est encore unie de

chaque côté à la pie-mère par le *ligament dentelé (ligamentum denticulatum)*. On donne ce nom à une bande fibreuse étendue verticalement entre les racines antérieures et les racines postérieures des nerfs cervicaux et des nerfs dorsaux et reliant la face latérale de la moelle épinière à la face interne de la dure-mère, FIG. 122. Le bord interne de ce ligament se continue directement avec la pie-mère depuis le premier nerf cervical jusqu'au premier nerf lombaire. Le bord externe est festonné : libre le long des arcades, il s'insère par ses parties saillantes à la face interne de la dure-mère, au milieu de l'espace qui sépare la sortie de deux nerfs périphériques voisins.

A son extrémité supérieure, la dure-mère spinale adhère intimement sur tout le pourtour du trou occipital en se continuant avec la dure-mère cranienne.

L'extrémité inférieure forme un sac enveloppant toutes les racines nerveuses qui constituent la queue de cheval. Elle se termine en cul-de-sac au niveau de la deuxième ou troisième vertèbre sacrée et se prolonge sur le filet terminal, qu'elle accompagne jusque sur la face postérieure du coccyx *(filum durae matris spinalis)*, FIG. 123.

Dure-mère cranienne (dura mater encephali). La dure-mère cranienne forme

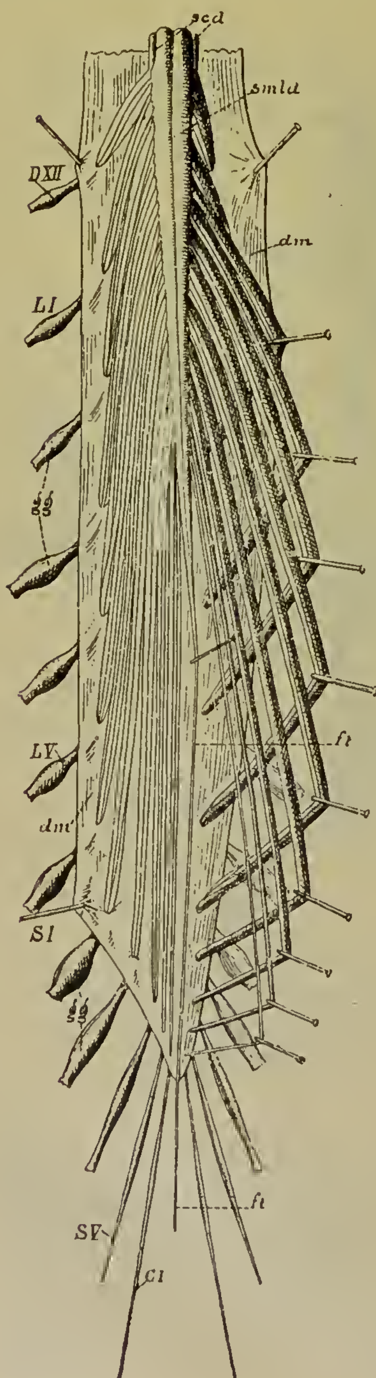


FIG. 123.

Face dorsale de la partie inférieure de la moelle épinière avec la queue de cheval, après l'ouverture de la dure-mère. Gr. nat. 1/2.

DXII : Douzième nerf dorsal.
LI et *LV* : Premier et cinquième nerfs lombaires.
SI et *SV* : Premier et cinquième nerfs sacrés.
CI : Premier nerf coccygien.
ft : Filet terminal.
gg : Ganglions spinaux.
smld : Sillon médian postérieur.
scd : Sillon collatéral postérieur.
dm : Dure-mère ouverte.

l'enveloppe la plus externe de l'encéphale. Elle est intimement adhérente à la face interne des os du crâne, dont elle constitue le périoste interne. Cette adhérence est surtout prononcée à la base du crâne, non pas seulement à cause des nombreux nerfs craniens qui, en passant par les orifices de la base, reçoivent de la dure-mère une enveloppe conjonctive, mais surtout à cause des différentes saillies osseuses auxquelles la dure-mère adhère intimement : l'apophyse crista-galli de l'ethmoïde, le bord postérieur des petites ailes du sphénoïde, le bord supérieur de la portion pierreuse du temporal, le pourtour de la selle turcique, la saillie cruciforme de l'occipital, etc.

Du côté de la calotte cranienne, la dure-mère n'adhère fortement qu'aux sutures ; ailleurs elle se laisse détacher assez facilement de la face interne des os. Cette adhérence aux os de la calotte est d'ailleurs variable d'individu à individu et augmente considérablement avec l'âge.

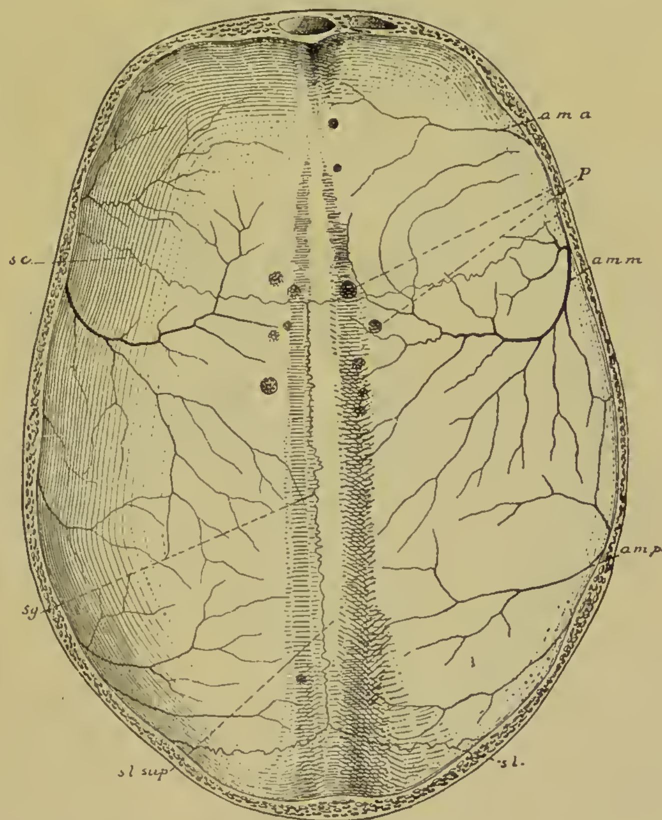


FIG. 124.

Dure-mère cranienne après enlèvement de la calotte du crâne. Gr. nat. 1/3.

a. m. a. : Artère méningée antérieure.
a. m. m. : Artère méningée moyenne.
P : Granulations de PACCHIONI.
a. m. p. : Artère méningée postérieure.
s. c. : Traces de l'adhérence à la suture coronaire.
s. g. : Traces de l'adhérence à la suture sagittale.
s. l. : Traces de l'adhérence à la suture lambdoïde.
s. l. sup. : Sinus longitudinal supérieur.

Entre la face externe de la dure-mère et la face interne des os, on trouve les ramifications des artères et des veines méningées, FIG. 124 : l'artère méningée antérieure provenant de l'artère ethmoi-

dale ; l'artère méningée moyenne, la plus importante et la plus volumineuse, provenant de l'artère maxillaire interne ; l'artère méningée postérieure, qui entre dans le crâne par le trou déchiré postérieur, comme branche de l'artère vertébrale.

Les veines méningées accompagnent les artères. Elles s'ouvrent d'une part dans le sinus longitudinal supérieur, d'autre part dans les veines extra-craniennes correspondantes aux artères.

La face externe de la dure-mère est rugueuse. Sa face interne est lisse et polie. Elle est tapissée d'une couche de cellules endothéliales, que les auteurs français considèrent comme représentant le feuillet pariétal d'une séreuse. Cette face interne est libre sur toute son étendue. Elle répond au feuillet méningé moyen ou arachnoïde. Elle n'est reliée à ce feuillet que par les veines qui viennent de la pie-mère et traversent l'arachnoïde et les cavités sus-arachnoïdiennes pour se déverser dans les sinus veineux de la dure-mère.

De la face interne de la dure-mère cranienne partent des prolongements qui s'enfoncent entre les parties les plus volumineuses de l'encéphale pour maintenir ces parties dans leur situation respective, quelle que soit la position du corps.

L'un de ces prolongements est plus ou moins transversal. Il s'engage entre la face supérieure du cervelet et la face inférieure des lobes occipitaux du cerveau terminal jusque dans le voisinage du cerveau moyen. Il protège le cervelet de toute compression de la part du cerveau terminal. On l'appelle *tente du cervelet (tentorium cerebelli).* L'autre a une direction verticale. Il s'étend depuis l'apophyse crista-galli de l'ethmoïde jusque près du pourtour postérieur du trou occipital. Il est divisé en deux parties par la tente du cervelet. La partie la plus volumineuse s'engage entre les hémisphères cérébraux : la *faux du cerveau (falx cerebri).* La partie postérieure occupe l'échancrure du cervelet et porte le nom de *faux du cervelet (falx cerebelli).*

La face supérieure de la *tente du cervelet* est libre et répond à la face inférieure des lobes occipitaux, FIG. 125. Sur la ligne médiane elle donne insertion au prolongement vertical de la dure-mère qui s'enfonce entre les deux hémisphères cérébraux : la *faux du cerveau.* La face inférieure est libre aussi ; elle repose et se moule sur la face supérieure du cervelet. Sur la ligne médiane elle donne insertion à un prolongement vertical beaucoup plus grêle, qui s'engage dans l'échancrure postérieure du cervelet : la *faux du cervelet.*

Le bord postérieur est convexe. Il adhère à la protubérance

occipitale interne, à la partie horizontale de la gouttière latérale de l'occipital et au bord supérieur libre du rocher pour se terminer de chaque côté à l'*apophyse clinoïde postérieure*. Le long de la face interne de l'occipital, la tente du cervelet présente un dédoublement de ses deux feuillets constitutifs circonscrivant une cavité triangulaire : le *sinus latéral* ou *transverse (sinus transversus)*, qui correspond à la gouttière latérale. Au niveau du bord supérieur du rocher, il existe, dans l'épaisseur du bord adhérent de la tente du cervelet, un sinus beaucoup plus petit : le *sinus pétreux supérieur (sinus petrosus superior)*.

Près de l'extrémité interne du rocher, ce bord de la tente du cervelet passe comme un pont au-dessus de la petite dépression que présente à ce niveau la portion pierreuse du temporal et aide ainsi à circonscrire un orifice ovalaire, par lequel passe le nerf trijumeau.

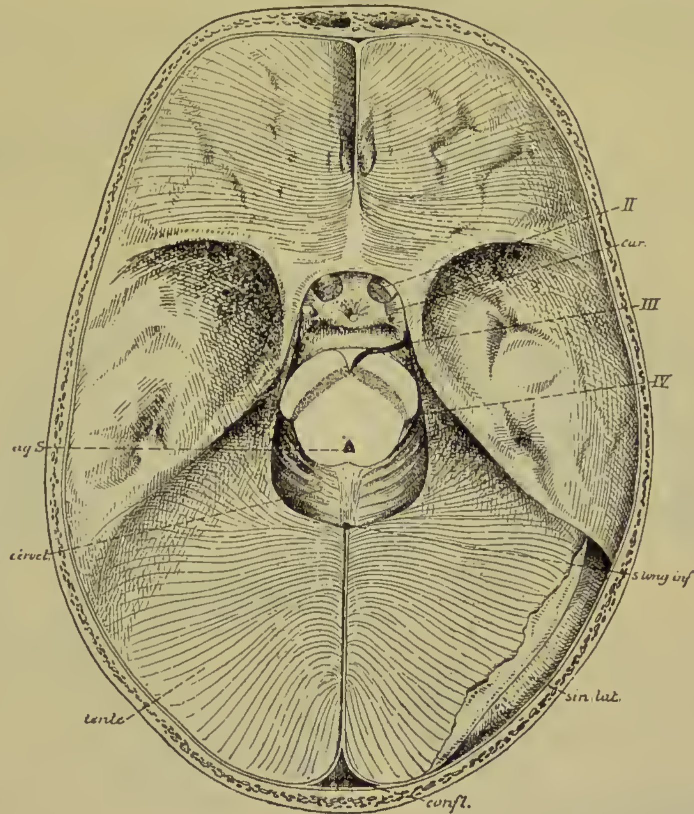


FIG. 125.

La tente du cervelet vue par sa face supérieure. Gr. nat. 1/2.

tente : Tente du cervelet.
confl. : Confluent des sinus.
sin. lat. : Sinus latéral ouvert.
s. long. inf. : Section du sinus longitudinal inférieur.
IV : Nerf pathétique.
car. : Coupe de la carotide interne.
III : Nerf oculo-moteur commun.
II : Nerf optique.
aq. S. : Coupe de l'aqueduc de SYLVIUS dans le cerveau moyen.
cerv. : Partie de la face supérieure du cervelet qui n'est pas recouverte par la tente.

Le bord antérieur de la tente du cervelet est libre. Il circonscrit

une ouverture ogivale, par laquelle passe le cerveau moyen. De chaque côté, l'extrémité antérieure de ce bord passe au-dessus de l'extrémité antérieure du bord postérieur pour aller s'insérer à l'*apophyse clinoïde antérieure.*

Le petit espace triangulaire, compris de chaque côté de la selle turcique entre le bord postérieur de la tente s'insérant à l'apophyse

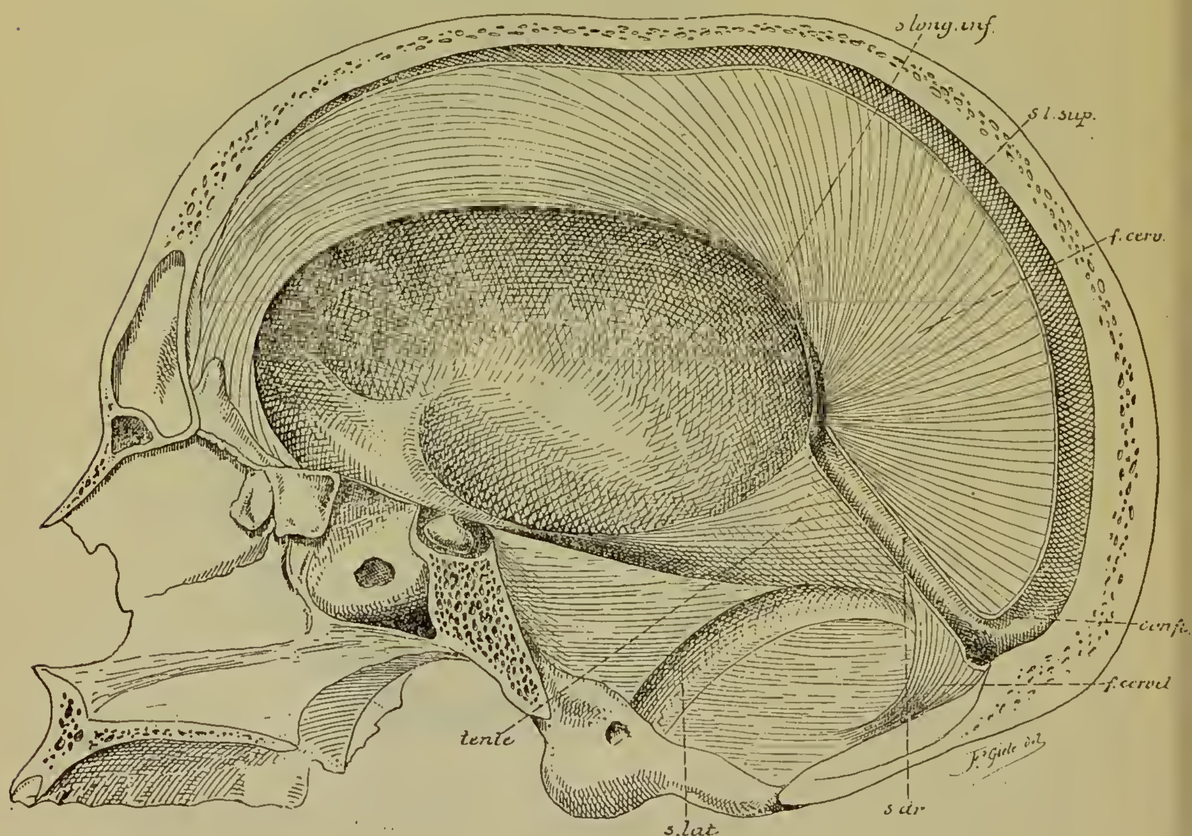


Fig. 126.

Section sagittale faite un peu en dehors de la ligne médiane sur un crâne où les prolongements de la dure-mère étaient conservés. Gr. nat. 2/3.

s. long. inf. : Sinus longitudinal inférieur.
s. l. sup. : Sinus longitudinal supérieur
f. cerv. : Faux du cerveau.
confl. : Confluent des sinus.
f. cervel. : Faux du cervelet.
s. dr. : Sinus droit.
s. lat. : Sinus latéral.
tente : Partie de la tente du cervelet.

clinoïde postérieure, le bord antérieur attaché à l'apophyse clinoïde antérieure et une ligne fictive unissant ces deux apophyses, est fermé par une expansion de la dure-mère. Cette expansion est traversée, ainsi que nous le verrons plus tard, par le *nerf oculo-moteur commun* et par le *nerf pathétique.*

Le prolongement vertical de la dure-mère qui s'engage dans la

scissure interhémisphérique constitue la *faux du cerveau*, FIG. 126. Les faces latérales de ce prolongement sont libres, elles répondent aux faces internes des hémisphères cérébraux. Le bord supérieur est adhérent, il répond à la gouttière longitudinale qui existe, sur la ligne médiane, à la face interne de la calotte cranienne, depuis la crête du frontal jusqu'à la protubérance occipitale interne. Le long de ce bord, la dure-mère se dédouble en deux feuillets qui circonscrivent un espace triangulaire : le *sinus longitudinal* ou *sagittal supérieur (sinus sagittalis superior).* Au niveau de la protubérance occipitale interne, ce sinus longitudinal supérieur s'élargit considérablement en se réunissant avec les deux sinus latéraux et forme le *confluent des sinus (confluens sinuum).*

Le bord inférieur de la faux du cerveau est libre : il répond en arrière à la face convexe du corps calleux ; en avant, il reste séparé de cette face sur une étendue de dix à quinze millimètres, de sorte que là les deux hémisphères cérébraux sont directement en contact. Dans l'épaisseur de la dure-mère, il existe, le long de la moitié postérieure de ce bord inférieur, un sinus veineux : le *sinus longitudinal* ou *sagittal inférieur (sinus sagittalis inferior).*

Par son extrémité antérieure la faux cerveau adhère à l'apophyse crista-galli de l'ethmoïde. Son extrémité postérieure, beaucoup plus large, se continue avec la face supérieure de la tente du cervelet. Le long de la ligne d'insertion de la faux du cerveau à la face supérieure de la tente du cervelet, il existe un sinus veineux qui relie le sinus longitudinal inférieur au confluent des sinus : c'est le *sinus droit (sinus rectus).*

La *faux du cervelet* est un prolongement vertical de la dure-mère, qui part de la face interne de l'occipital, depuis la protubérance occipitale interne jusque près du bord postérieur du trou occipital, et qui s'engage dans l'échancrure que présente le bord postérieur du cervelet. Ses faces latérales sont libres et répondent à la partie postérieure des hémisphères cérébelleux. Son bord antérieur est libre et répond à l'extrémité postérieure du lobe médian. Son bord postérieur renferme deux sinus très grêles ; les *sinus occipitaux latéraux (sinus occipitalis)*, qui communiquent en haut avec le confluent des sinus et se rendent en bas vers le trou déchiré postérieur. L'extrémité supérieure large s'insère sur la face inférieure de la tente du cervelet; l'extrémité inférieure effilée se bifurque et se perd autour du trou occipital.

Outre les sinus veineux qui résultent d'un écartement local des deux feuillets constitutifs de la dure-mère, on trouve encore dans l'épaisseur de celle-ci de petites cavités irrégulières, qui ont leur siège de prédilection de chaque côté du sinus longitudinal supérieur. Signalées par FAIVRE en 1853, elles ont été décrites pour la première fois et presque en même temps par TROLARD en France et par Axel KEY et RETZIUS en Suède. TROLARD leur donna le nom de *lacs sanguins*, KEY et RETZIUS celui de *lacunes veineuses*. Ces cavités intra-durales communiquent avec le sinus longitudinal supérieur, avec les veines méningées et avec les veines cérébrales. TROLARD les considère comme des réservoirs destinés à recevoir momentanément le trop plein du sang veineux, quand la circulation cranienne est quelque peu gênée, en attendant que ce sang veineux puisse être déversé dans les veines extra-craniennes, soit par les veines méningées, soit par les veines diploïques.

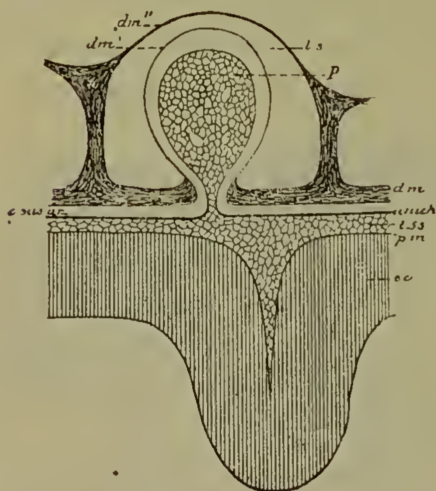


FIG. 127.

Figure schématique montrant les rapports d'une granulation de PACCHIONI avec un lac sanguin de la dure-mère (d'après SCHWALBE).

p : Villosité de l'arachnoïde.
dm' : Feuillet profond de la dure-mère.
dm'' : Feuillet supérieur de la dure-mère.
ls : Lac sanguin.
dm : Dure-mère.
arach. : Arachnoïde.
t. ss. : Tissu sous-arachnoïdien.
pm : Pie-mère.
ec. : Ecorce grise du cerveau.

Quand on enlève, sur un cadavre, la calotte du crâne par un trait de scie horizontal, on trouve sur la face externe de la dure-mère ainsi mise à nu, de chaque côté et un peu en dehors du sinus longitudinal supérieur, de petites masses granuleuses blanchâtres : elles constituent ce qu'on appelle les *granulations de Pacchioni* ou *granulations arachnoïdiennes (granulationes arachnoideales* seu *Pacchioni)*. Elles n'existent pas chez l'enfant, mais deviennent de plus en plus apparentes et de plus en plus nombreuses avec l'âge. Ces granulations sont des productions de la membrane arachnoïdienne (TROLARD, KEY et RETZIUS); nous y reviendrons en parlant de l'arachnoïde. Elles nous intéressent pour le moment, parce que c'est précisément à leur niveau que se trouvent les cavités intra-durales qui constituent les lacs

sanguins. Ces granulations font saillie sur le plancher de ces lacs ; en continuant à se développer, elles gagnent la voûte de ces cavités et l'amincissent considérablement jusqu'à la réduire au simple revêtement endothélial, FIG. 127; elles repoussent même celui-ci au-dehors et viennent toucher la face interne des os qu'elles rongent, produisant ainsi à la face interne du pariétal, tout près de son bord supérieur, des dépressions plus ou moins profondes. Dans certains cas même, relativement assez rares, elles peuvent percer d'outre en outre toute l'épaisseur du pariétal et faire hernie à la face externe du crâne.

Pendant ce développement lent mais continu, la granulation de PACCHIONI reste toujours recouverte par le lac sanguin. En pénétrant jusque dans le diploë des os pariétaux, ce lac sanguin peut se mettre en rapport avec des veines diploïques, voire même avec des veines extra-craniennes et servir encore de cette manière comme dérivatif à la circulation veineuse intra-cranienne.

La dure-mère cranienne reçoit des branches nerveuses du rameau nasal du nerf ophthalmique pour sa partie frontale; des branches du nerf maxillaire inférieur, qui accompagnent la distribution de l'artère méningée moyenne; enfin des branches provenant directement du nerf ophthalmique, connues sous le nom de *nerfs récurrents d'Arnold*, et qui se rendent directement à la tente du cervelet.

Pie-mère.

La pie-mère constitue l'enveloppe la plus interne de l'axe cérébro-spinal. Elle se trouve partout directement en contact avec le tissu nerveux sous-jacent, auquel elle est unie intimement grâce aux nombreuses artérioles qui proviennent des vaisseaux sanguins renfermés dans la pie-mère et qui pénètrent de tous côtés dans la substance nerveuse. C'est dans la pie-mère, en effet, que se divisent et se subdivisent les artères qui doivent amener le sang au système nerveux central, de telle sorte que cette membrane est considérée à juste titre comme la membrane nourricière de l'axe cérébro-spinal.

Pie-mère spinale (pia mater spinalis). La moelle épinière est enveloppée directement par la pie-mère. Celle-ci envoie un repli au fond de la fissure médiane longitudinale ventrale, tandis que partout ailleurs elle adhère intimement à la surface externe de la substance nerveuse.

Au niveau du sillon médian longitudinal postérieur et du sillon paramédian postérieur, l'adhérence est un peu plus forte; non pas, comme on l'a cru pendant longtemps, parce que, à ces niveaux, la pie-mère envoie dans l'épaisseur de la moelle épinière des cloisons

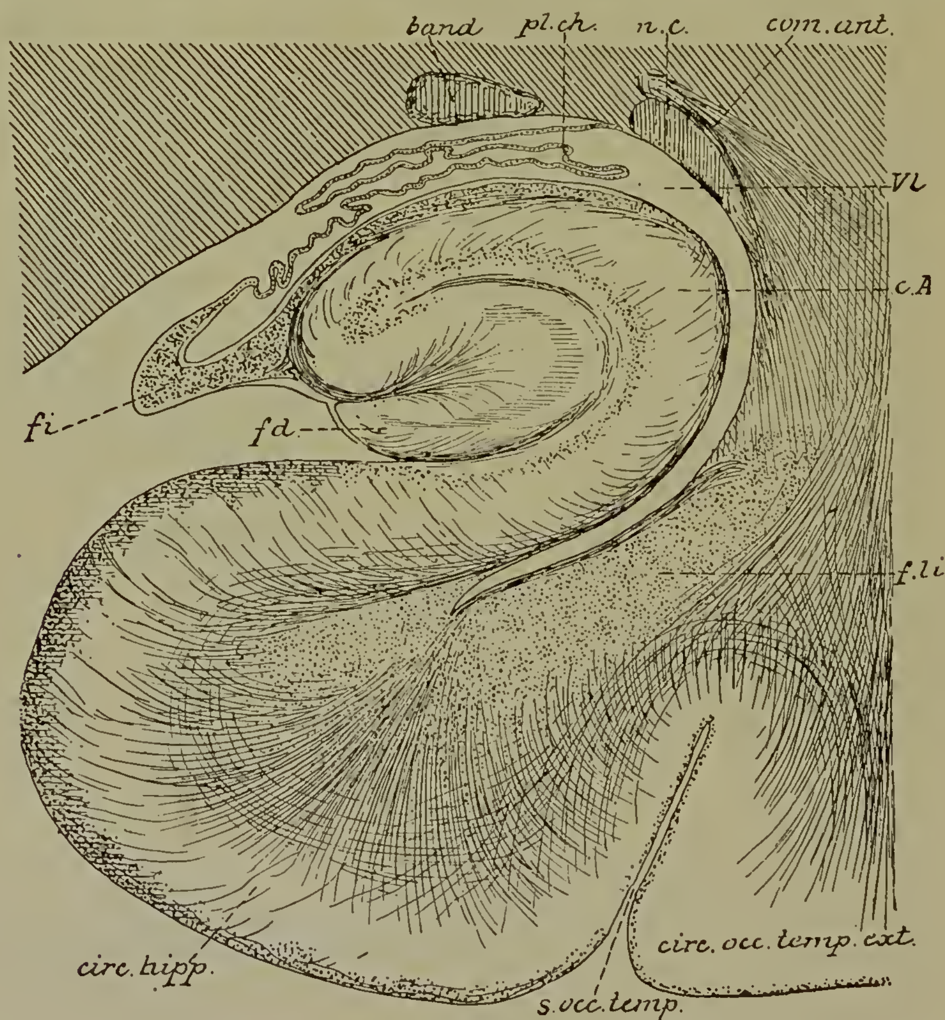


Fig. 128.

Coupe à travers le prolongement temporal du ventricule latéral (d'après Edinger).

band. : Bandelette optique.
nc : Queue de noyau caudé.
pl. ch. : Plexus choroïde.
com. ent. : Fibres de la commissure antérieure.
vl : Cavité ventriculaire.
cA : Corne d'Ammon.
f. li. : Faisceau longitudinal inférieur (fibres d'association).
fd : Faisceau denté.
fi. : Fimbria.

conjonctives, mais parce que les cellules de neuroglie et les cellules épendymaires, qui constituent ces cloisons, viennent s'insérer par leurs prolongements périphériques aux couches profondes de la

pie-mère, ainsi que nous le verrons en étudiant la structure interne de la moelle épinière.

Pie-mère cranienne (pia mater encephali). La pie-mère cranienne recouvre immédiatement la face externe de l'encéphale : elle s'insinue dans tous les sillons et recouvre toutes les circonvolutions. L'adhérence de la pie-mère cranienne à la substance nerveuse est beaucoup moins intime que pour la pie-mère spinale, aussi, sur tout le pourtour de l'encéphale, la pie-mère se laisse-t-elle enlever avec la plus grande facilité.

L'adhérence est plus intime tout le long de la fente cérébrale de BICHAT et sur la face postérieure du rhombencéphale, entre la face antérieure du cervelet et la face postérieure de la moelle allongée, parce que, à ces niveaux, la pie-mère refoulant l'épithélium épendymaire pénètre dans le troisième ventricule, les ventricules latéraux et dans le quatrième ventricule pour constituer les toiles choroïdiennes.

La partie latérale de la fente de BICHAT correspond à la fissure de l'hippocampe. A ce niveau, la pie-mère pénètre dans le prolongement temporal du ventricule latéral pour y constituer la partie inférieure du plexus choroïde latéral, FIG. 128.

La partie moyenne de la fente de BICHAT est limitée par le bourrelet du corps calleux et par les éminences antérieures des tubercules quadrijumeaux. Par cette fente, la pie-mère pénètre horizontalement dans le troisième ventricule jusqu'au niveau des piliers antérieurs de la voûte à trois piliers. Elle recouvre directement le troisième ventricule et repose par ses bords latéraux sur les deux couches optiques. On l'appelle la *toile choroïdienne du troisième ventricule (tela chorioidea ventriculi tertii).*

Elle a une forme triangulaire à base postérieure, FIG. 129. Ses bords latéraux s'engagent entre la couche optique et le bord libre de la voûte à trois piliers, jusque dans le ventricule latéral et reposent dans le sillon choroïdien que présente la face supérieure de la couche optique. Le long de ces bords latéraux existent les plexus choroïdes des ventricules latéraux *(plexus chorioideus ventriculi lateralis)* qui se continuent en arrière avec le plexus choroïde du prolongement temporal.

Ces plexus choroïdes sont recouverts par l'épithélium épendymaire ou *lame choroïdienne épithéliale (lamina chorioidea epithelialis).* Celle-ci se continue, d'une part, en avant et en dehors, avec l'épithélium épendymaire de la couche optique formant la *lamina affixa ;* en arrière et

en dehors, avec l'épithélium qui tapisse la voûte du prolongement temporal du ventricule latéral. Elle se continue, d'autre part, avec l'épithélium épendymaire de la voûte à trois piliers depuis le trou de MONRO jusqu'à l'extrémité de la *fimbria*. Le ventricule latéral se

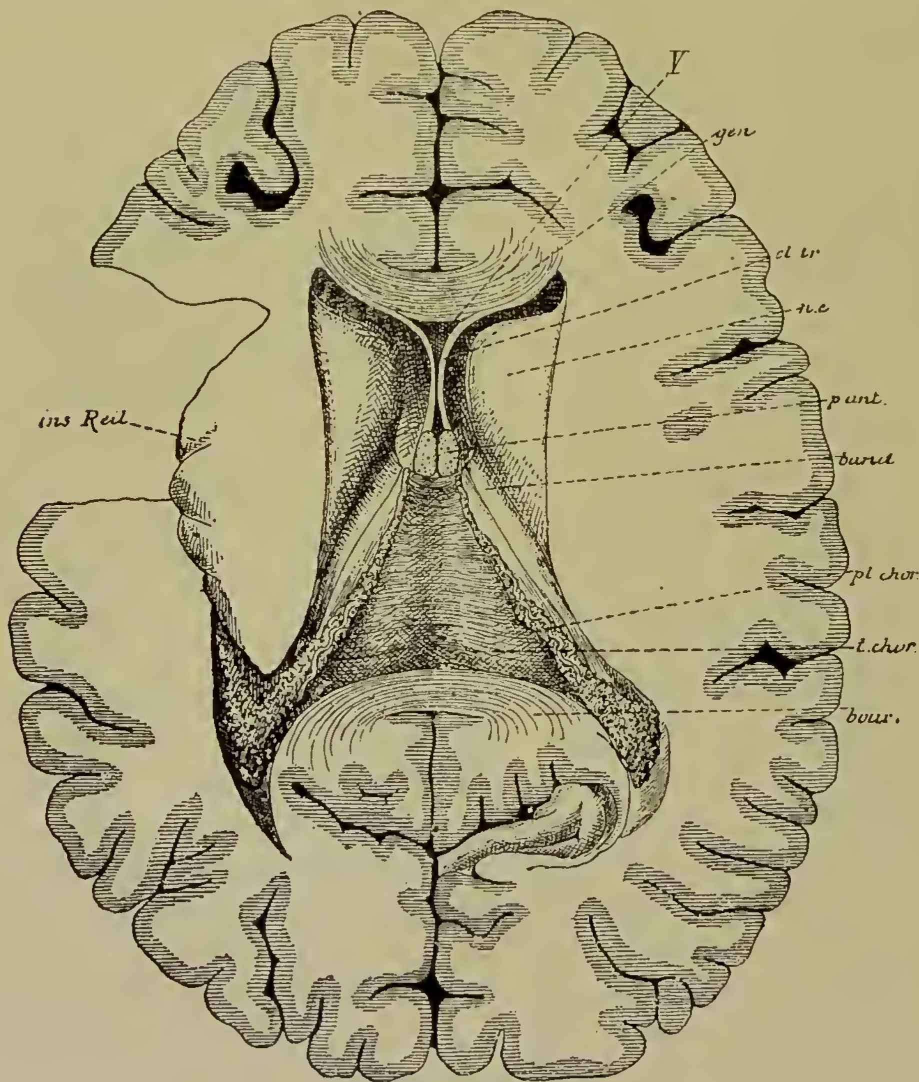


FIG. 129.

La toile chroroïdienne du troisième ventricule. Gr. nat. 2/3.

trouve donc fermé, en dedans et sur toute sa longueur, par cet épithélium épendymaire recouvrant le plexus choroïde, FIG. 130.

Sur la face inférieure de la toile choroïdienne, de chaque côté de la ligne médiane, existe le *plexus choroïde médian* ou *plexus choroïde du troisième ventricule (plexus chorioideus ventriculi tertii)*. A ce niveau l'épithélium épendymaire, devenant *lame choroïdienne épithéliale*, quitte

le bord supéro-interne de la couche optique pour tapisser les plexus choroïdes médians et former ainsi la voûte du troisième ventricule.

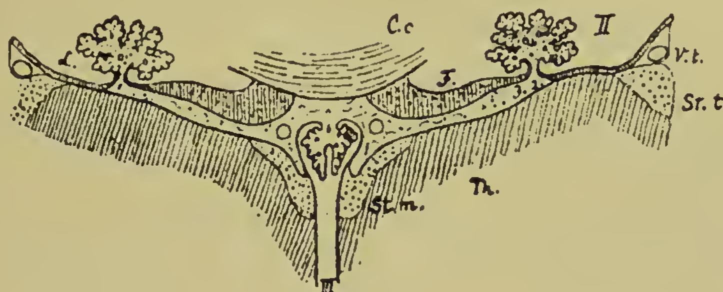


FIG. 130.

Coupe transversale passant par la toile choroïdienne du troisième ventricule et les parties voisines (d'aprés W. HIS).

II : Ventricule latéral.
III : Troisième ventricule.
Cc : Corps calleux.
F : Fornix ou voûte à trois piliers.
Th : Couche optique.
St. m. : Strie médullaire.
St. t. : Strie terminale.
V. t. : Veine terminale.
L : Lamina affixa.

La partie interne de la face supérieure de la couche optique, située en dedans du sillon choroïdien, répond donc directement à la

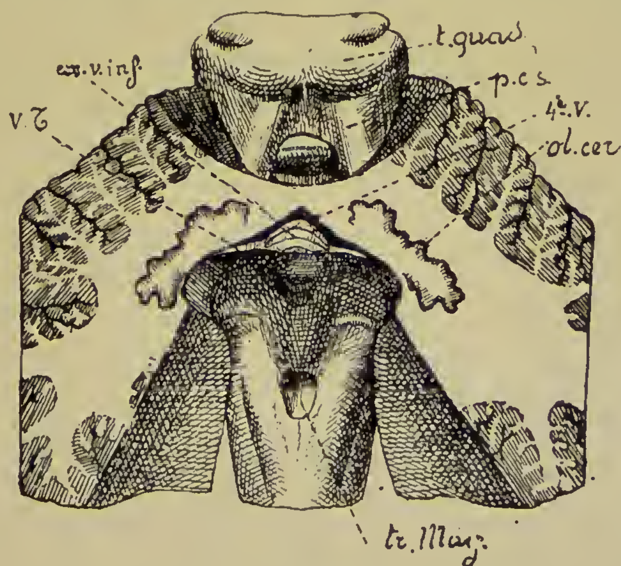


FIG. 131.

Vue de la face postérieure de la moelle allongée recouverte par la toile choroïdienne. Gr. nat.

t. quad. : Tubercules quadrijumeaux.
p. c. s. : Pédoncules cérébelleux supérieurs.
ol. cér. : Olive cérébelleuse.
4e v. : Quatrième ventricule.
ex. v. inf. : Extrémité antérieure du ver inférieur.
v. T. : Valvule de TARIN.
tr. M. : Trou de MAGENDIE.

face inférieure de la toile choroïdienne; elle se trouve séparée du ventricule latéral par la *lamina affixa* se continuant avec l'épithélium des plexus choroïdes latéraux, elle est séparée de la cavité du ventricule médian par l'épithélium épendymaire se jetant de la couche optique sur les plexus choroïdes médians, FIG. 130.

La base de la toile choroïdienne répond à la partie moyenne de la fente de BICHAT, où elle se continue avec la pie-mère.

Le sommet correspond aux piliers antérieurs de la voûte. Là, les deux plexus choroïdes latéraux, passant par les trous de MONRO, se continuent avec les plexus choroïdes médians qui existent, de chaque côté de la ligne médiane, sur la face inférieure de la voûte choroïdienne.

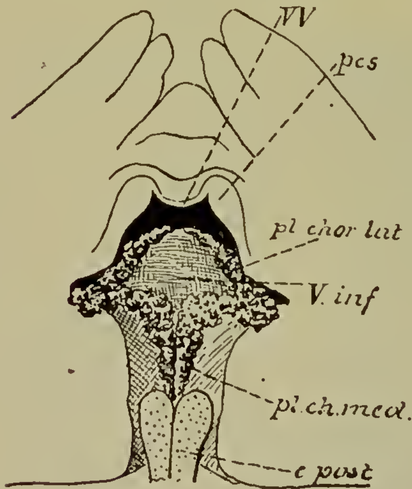


FIG. 132.
Toile choroïdienne du quatrième ventricule vue par sa face inférieure. Gr. nat.

La toile choroïdienne du quatrième ventricule est un prolongement de la pie-mère ; ce prolongement, recouvert par l'épithélium épendymaire, s'enfonce dans ce ventricule entre le cervelet et la moelle allongée. Il a une forme triangulaire à base antérieure, FIG. 131, et présente, sur sa face inférieure, les plexus choroïdes médians et les plexus choroïdes latéraux, FIG. 132. Nous avons vu que cette toile choroïdienne est percée par le trou de MAGENDIE, qui fait communiquer les cavités ventriculaires avec les cavités sous-arachnoïdiennes.

Arachnoïde.

L'arachnoïde est une mince membrane conjonctive située entre la dure-mère et la pie-mère.

Arachnoïde spinale (arachnoidea spinalis). Le long de la moelle épinière, l'arachnoïde est reliée par quelques brides conjonctives à la face profonde de la dure-mère, tandis que sur presque toute son étendue elle est largement distante de la pie-mère. La cavité qui sépare l'arachnoïde de la pie-mère constitue le *confluent spinal* ou partie inférieure du *confluent cérébello-médullaire (cisterna cerebello-medullaris*).

Arachnoïde cranienne (arachnoidea encephali). Autour de l'encéphale, l'arachnoïde n'est reliée à la face profonde de la dure-mère que par les veines cérébrales qui vont se jeter dans les sinus veineux. Elle adhère plus intimement à la pie-mère par un tissu conjonctif lâche, appelé tissu sous-arachnoïdien. Dans ce tissu existent des espaces linéaires occupés par le liquide encéphalo-rachidien. A certains endroits cependant l'arachnoïde quitte la pie-mère sur une étendue plus considérable; il se forme ainsi, entre ces deux méninges, des cavités plus volumineuses appelées *confluents sous-arachnoïdiens (cisternae sub-arachnoideales).* Un de ces confluents existe, de chaque côté de la ligne médiane, sur la face inférieure de l'encéphale, au niveau de la fissure de SYLVIUS ; tandis que la pie-mère pénètre jusqu'au fond de cette fissure, l'arachnoïde passe directement du lobe frontal sur le lobe temporal limitant ainsi le confluent *sous-arachnoïdien antérieur et latéral* ou *confluent de la fosse latérale du cerveau* ou *fosse sylvienne (cisterna fossae lateralis cerebri* seu *Sylvii).* Un autre confluent existe sur la ligne médiane au-devant de la protubérance annulaire : du chiasma des nerfs optiques l'arachnoïde passe directement sur la protubérance annulaire, laissant entre elle et la pie-mère un espace libre qui constitue le *confluent sous-arachnoïdien antérieur et médian*, quelquefois subdivisé en un *confluent du chiasma (cisterna chiasmatis)* et un *confluent interpédonculaire (cisterna interpeduncularis).*

Le plus important de ces confluents existe entre le cervelet et la moelle allongée : c'est le *confluent sous-arachnoïdien postérieur.* Au lieu de couvrir toute la face inférieure du cervelet, l'arachnoïde se détache de la pie-mère et se jette du bord postérieur du cervelet directement sur la face postérieure de la moelle allongée, pour se continuer avec l'arachnoïde spinale formant ainsi, avec le confluent spinal, le *confluent cérébello-médullaire.* Ce confluent sous-arachnoïdien postérieur est important : d'une part, il se continue avec le confluent spinal et avec toutes les cavités sous-arachnoïdiennes de l'encéphale ; d'autre part, par le trou de MAGENDIE, il communique avec les cavités ventriculaires.

La face externe de l'arachnoïde est lisse, elle est tapissée par un revêtement endothélial comme la face profonde de la dure-mère.

Les auteurs français considèrent l'arachnoïde comme une véritable séreuse. Ils décrivent un feuillet *viscéral* recouvrant la pie-mère et un feuillet *pariétal* tapissant la face profonde de la dure-mère. Les deux feuillets se continueraient l'un dans l'autre pour circonscrire une cavité close de toutes parts, analogue à la cavité pleurale et à la cavité

péritonéale. Pour les auteurs allemands, au contraire, l'arachnoïde est une membrane distincte de la pie-mère et de la dure-mère. Sa face interne est reliée à la pie-mère par le tissu sous-arachnoïdien ; sa face externe est recouverte par un endothélium, comme la face profonde de la dure-mère. Les cavités sus-arachnoïdiennes ne constituent pas des cavités séreuses closes, mais des cavités lymphatiques communiquant avec la circulation lymphatique générale. En injectant ces cavités sus-arachnoïdiennes, RETZIUS aurait pu poursuivre le liquide jusque dans les vaisseaux lymphatiques du cou.

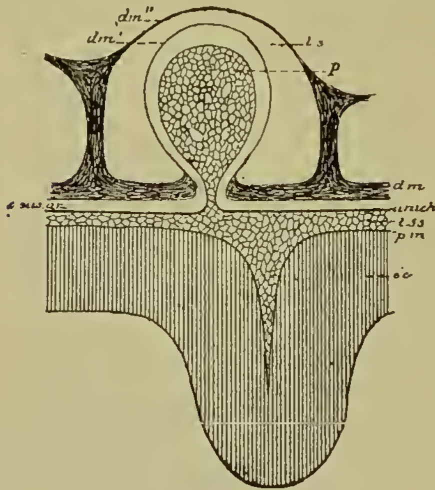


FIG. 133.

Figure schématique montrant les rapports d'une granulation de PACCHIONI avec un lac sanguin de la dure-mère (d'après SCHWALBE).

p : Villosité de l'arachnoide.
dm' : Feuillet profond de la dure-mère.
dm'' : Feuillet supérieur de la dure-mère.
ls : Lac sanguin.
dm : Dure-mère.
arach. : Arachnoïde.
t. ss. : Tissu sous-arachnoïdien.
pm : Pie-mère.
ec. : Ecorce grise du cerveau.

Les granulations de PACCHIONI sont considérées, depuis KEY, RETZIUS et TROLARD, comme des productions de la membrane arachnoïdienne. Elles se présentent sous la forme de petites vésicules pédiculées qui viennent de l'arachnoïde, traversent les cavités sus-arachnoïdiennes pour adhérer à la face profonde de la dure-mère au niveau d'un lac sanguin. Les granulations de PACCHIONI ne sont rien d'autre, disent KEY et RETZIUS, que des évaginations de l'arachnoïde et du tissu sous-arachnoïdien, aussi les désignent-ils sous le nom de *villosités arachnoïdiennes*. Continuant à se développer, ces villosités, recouvertes par un feuillet aminci de la dure-mère, font hernie dans le lac sanguin, FIG. 133. Chez les vieillards, elles peuvent même traverser toute la cavité de ce lac, refouler le second feuillet de la dure-mère en l'amincissant, s'appliquer intimement contre la face interne des os du crâne et y produire des dépressions plus ou moins profondes qui peuvent s'étendre soit jusqu'au centre du diploë, soit jusque dans la table externe. Elles peuvent même traverser cette table externe et faire hernie à l'extérieur.

On a beaucoup discuté pour savoir quelle pourrait être la valeur physiologique de ces granulations arachnoïdiennes. D'après FAIVRE, qui les considère comme des concrétions de phosphate et de carbonate de chaux enkystées dans les mailles du tissu cellulaire, elles ne sont que des produits d'excrétion, de dépôt, d'élimination, dont l'âge détermine normalement la production. Le sang et le liquide encéphalo-rachidien se débarrasserait ainsi d'une partie des substances inorganiques qu'ils renferment et qui tendent incessamment à voyager de l'intérieur à l'extérieur des méninges.

D'après KEY et RETZIUS, les villosités arachnoïdales établiraient une communication entre les cavités sous-arachnoïdiennes et les sinus veineux de la dure-mère; par ces villosités le liquide encéphalo-rachidien — qui se trouve, dans les cavités sous-arachnoïdiennes, sous une pression légèrement supérieure à celle du sang dans les sinus — s'écoulerait dans le sinus longitudinal. KOLLMANN partage cette manière de voir.

D'après TROLARD, qui a publié plusieurs travaux sur les granulations de PACCHIONI, les corpuscules arachnoïdaux seraient des ligaments ou mieux de véritables *rivets* fixant la pie-mère à la dure-mère. Ces granulations, de même que les veines cérébrales qui se jettent dans les sinus, suspendraient en quelque sorte le cerveau dans la boîte cranienne, protégeant ainsi les régions de la base.

Littérature.

FAIVRE : *Des granulations méningiennes.* Thèse de PARIS, 1853. — TROLARD : Thèse de Paris, 1868. — KEY et RETZIUS : *Studien in der Anatomie des Nervensystems*, Stockholm, 1875 et 1876. — KOLLMANN : *Ueber die Unterbrechung des Kreislaufes in der Spongiosa der Knochen und ueber die Bedeutung der Arachnoidealzotten.* Correspond. Blatt. f. schweiz. Aerzte. 1880, p. 581. — TROLARD : *De quelques particularités de la dure-mère.* Journal de l'anatomie et de la physiologie, 1890, pp. 407-418. — TROLARD : *Les granulations de Pacchioni. Les lacunes veineuses de la dure-mère.* Ibid., pp. 28-57 et pp. 172-210.

OUVRAGES A CONSULTER

concernant la macroscopie du système nerveux central.

M. et Mme DEJERINE : *Anatomie des centres nerveux.* Tome I. Paris, 1895.

EDINGER : *Vorlesungen über den Bau der nervösen Centralorgane des Menschen und der Thiere.* Fünfte Auflage, Leipzig, 1896.

OBERSTEINER : *Anleitung beim Studium des Baues der nervösen Centralorgane im gesunden und kranken Zustande.* Dritte Auflage, Wien, 1896.

CHARPY : *Système nerveux* dans : Traité d'anatomie humaine de POIRIER, Tome III. 1895.

SCHWALBE : *Lehrbuch der Neurologie.* 1881.

TESTUT : *Traité d'anatomie humaine.* 3e édition, t. III. Paris, 1897.

PRENANT : *Éléments d'embryologie de l'homme et des vertébrés.* Livre II. *Organogénie.* Paris, 1896.

RAUBER : *Lehrbuch der Anatomie des Menschen.* Bd. II. *Nervenlehre und Sinnesorgane.* Leipzig, 1894.

NEUVIÈME LEÇON

Éléments histologiques qui entrent dans la constitution du système nerveux.

**La substance blanche et la substance grise.
Les éléments nerveux : fibres nerveuses et cellules nerveuses.
Le réseau nerveux de Gerlach. Le réseau nerveux diffus de Golgi.
Les neurones.
Les prolongements cellulipètes et les prolongements cellulifuges.**

Nous avons terminé l'étude de la *grosse anatomie* de l'axe cérébro-spinal. Nous avons, en effet, étudié, dans les quelques leçons qui précèdent, les détails les plus importants visibles sur la face externe et sur des coupes macroscopiques des différentes parties du système nerveux central. Nous allons aborder maintenant l'étude de la structure interne du névraxe. Pour cela, nous devrons reprendre, l'une après l'autre, les diverses parties de l'axe cérébro-spinal et y pratiquer des coupes suffisamment fines pour pouvoir les étudier au microscope. Pour nous orienter dans cette étude, il est bon de rappeler, en quelques mots, quels sont les éléments histologiques que nous allons y rencontrer. L'étude de l'organisation interne de l'axe cérébro-spinal doit être précédée naturellement de quelques courtes notions histologiques.

Tout le système nerveux est formé de deux substances macroscopiquement et microscopiquement différentes. L'une forme la plupart des nerfs périphériques cérébro-spinaux et entre pour une bonne part aussi dans la constitution de l'axe cérébro-spinal ; elle se caractérise par une belle coloration blanche et, pour ce motif, est appelée la *substance blanche*. L'autre, de loin beaucoup plus importante, forme tout le système nerveux sympathique, ainsi qu'une grande partie du système nerveux cérébro-spinal. Elle a une teinte grise : aussi l'appelle-t-on la *substance grise*.

La *coloration* de la substance blanche est variable : elle dépend de

sa richesse plus ou moins grande en vaisseaux sanguins. Sa *consistance* est variable aussi et dépend principalement de la quantité de tissu conjonctif qui entre dans sa constitution. Les nerfs périphériques cérébro-spinaux, formés entièrement de substance blanche, ont une consistance très ferme, parce que le tissu conjonctif y est très abondant; au contraire, la substance blanche qui forme la masse centrale des hémisphères cérébraux, étant pauvre en tissu conjonctif, est molle et presque sans consistance.

La *coloration* de la substance grise varie aussi d'après l'endroit où on l'examine; elle dépend de sa richesse plus ou moins grande en vaisseaux sanguins et de certaines pigmentations qui, à des endroits déterminés, donnent à la substance grise une teinte noirâtre ou rouillée.

Les variations dans la *consistance* dépendent de l'abondance relative du tissu conjonctif : molle et délicate dans les différentes parties de l'axe cérébro-spinal, la substance grise est ferme et résistante dans les ganglions périphériques (ganglions cérébro-spinaux et ganglions sympathiques).

Une espèce particulière de substance grise, caractérisée par une transparence spéciale, porte le nom de *substance gélatineuse*.

Deux espèces d'éléments prennent part à la constitution du système nerveux central : les *éléments nerveux*, qui forment la partie principale, la partie essentielle et les *éléments neurogliques* qui constituent la partie secondaire ou l'appareil de soutien.

Les éléments nerveux.

Les éléments nerveux comprennent à la fois les *fibres nerveuses* et les *cellules nerveuses*.

Les *fibres nerveuses* forment la partie conductrice destinée à mettre les cellules nerveuses en rapport soit entre elles, soit avec les différents tissus de l'organisme. Les *cellules nerveuses* représentent la partie principale, la partie véritablement active.

Fibres nerveuses.

La partie essentielle de toute fibre nerveuse est le cylindre-axe. Il y a des fibres qui sont uniquement réduites au cylindre-axe ;

d'autres possèdent en dehors du cylindre-axe une membrane enveloppante, qu'on appelle la membrane de SCHWANN. On désigne communément ces fibres sous le nom de *fibres de Remak*.

Ces deux espèces de fibres nerveuses forment le groupe des fibres *amyéliniques*, c'est-à-dire dépourvues de myéline, par opposition aux fibres *myéliniques*, dont le cylindre-axe est entouré par une gaine protectrice de myéline. Les fibres myéliniques sont encore de deux sortes suivant qu'elles possèdent ou ne possèdent pas une membrane enveloppante ou membrane de SCHWANN.

Les fibres myéliniques avec membrane de SCHWANN existent, chez l'homme adulte, dans tous les nerfs périphériques cérébro-spinaux, à l'exception du nerf olfactif et du nerf optique.

Les fibres myéliniques sans membrane de SCHWANN constituent la substance blanche de tout l'axe cérébro-spinal, FIG. 134. Elles existent aussi dans le nerf optique. C'est à la myéline qui enveloppe le cylindre-axe de ces fibres nerveuses que les nerfs périphériques et la partie de l'axe cérébro-spinal qui est formée des fibres myéliniques doivent leur belle coloration blanche.

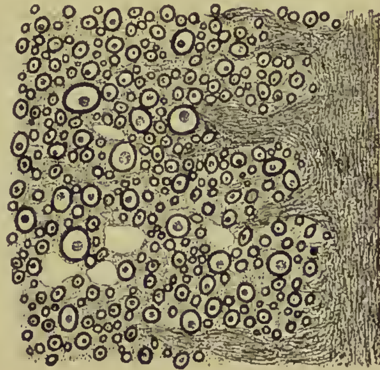


FIG. 134.

Coupe transversale d'une partie de la substance blanche du cordon antérieur de la moelle de l'homme.

Les fibres de REMAK, ou fibres sans myéline pourvues d'une membrane de SCHWANN, forment tous les nerfs qui dépendent du système nerveux sympathique et les filets olfactifs dépendant du système nerveux cérébro-spinal. C'est à l'absence de myéline que ces fibres doivent leur coloration grise.

Enfin, les fibres nerveuses réduites exclusivement au cylindre-axe se retrouvent, chez l'adulte, dans certaines régions du névraxe — telles les fibres constitutives de la couche moléculaire du cervelet — ensuite on les trouve encore près de l'origine et près de la terminaison de tous les autres nerfs. Les fibres des nerfs cérébro-spinaux pourvues de myéline et d'une membrane de SCHWANN, arrivées près de leur terminaison, commencent par perdre leur gaine de myéline et se transforment ainsi en fibres de REMAK ; puis, elles se dépouillent de leur membrane de SCHWANN et sont exclusivement réduites au cylindre-axe au niveau de leur terminaison. Les fibres de la substance

blanche de l'axe cérébro-spinal, avant de se terminer dans la substance grise, perdent leur gaine de myéline et se réduisent aussi au cylindre-axe.

Les fibres nerveuses amyéliniques sans membrane de SCHWANN sont beaucoup plus répandues encore chez l'embryon. D'après les recherches de FLECHSIG (1), tout le système nerveux central est formé de substance grise jusque vers le cinquième mois de la vie intra-utérine, de sorte que, sur des fœtus de 25 ctm. de longueur, tout l'axe cérébro-spinal est formé exclusivement de cellules nerveuses et de fibres nerveuses amyéliniques. La substance blanche, c'est-à-dire la myéline, n'apparaît que vers la seconde moitié du cinquième mois de la vie embryonnaire et envahit insensiblement toutes les fibres qui forment la substance blanche de l'adulte. Au cinquième mois après la naissance, toutes les fibres myéliniques sont définitivement constituées.

Structure du cylindre-axe. L'élément constituant principal d'une fibre nerveuse est donc le cylindre-axe. Non seulement le cylindre-axe peut constituer à lui seul toute la fibre nerveuse, mais, ce qui est le fait important, on ne peut pas concevoir de fibre nerveuse sans cylindre-axe.

Le cylindre-axe a, dans les nerfs durcis, une structure nettement fibrillaire. D'après certains auteurs, les fibrilles constituantes du cylindre-axe sont indépendantes les unes des autres; chacune d'entre elles représente une individualité pouvant se poursuivre sur toute la longueur du nerf. Arrivées à l'extrémité périphérique de ce dernier, ces fibrilles s'écartent les unes des autres et peuvent continuer à exister comme fibrilles isolées. C'est là l'opinion déjà ancienne de M. SCHULTZE (2) que KUPPFER (3) a confirmée en nous donnant en même temps le moyen de colorer ces fibrilles avec une netteté jusque-là inconnue. Depuis les recherches de KUPPFER, la structure fibrillaire du cylindre-axe est généralement admise. Certains auteurs croient cependant que, contrairement à l'opinion de SCHULTZE, ces fibrilles ne sont pas indépendantes les unes des autres mais qu'elles sont reliées entre elles par des trabécules transversales beaucoup plus fines [BUTSCHLI, HELD (4), CAJAL (5)] de telle sorte que le cylindre-axe posséderait, au fond, une structure réticulée comme le protoplasme cellulaire avec cette différence que son réticulum serait formé de trabécules longitudinales beaucoup plus épaisses que les trabécules transversales.

Ces fibrilles du cylindre-axe plongent dans une substance spéciale d'une consistance assez molle : la substance interfibrillaire (M. SCHULTZE) ou axoplasme (WALDEYER).

Parmi les auteurs qui admettent l'existence de fibrilles dans le cylindre-axe, les uns les considèrent donc comme représentant une simple modification, une simple régularisation de la substance fibrillaire ou réticulaire de la cellule nerveuse; les autres y voient des productions toutes nouvelles complètement indépendantes du protoplasme de la cellule nerveuse. Cette dernière opinion, défendue d'abord par M. SCHULTZE, a été reprise tout récemment par APATHY (6). En se servant de méthodes nouvelles, appliquées principalement à l'étude du système nerveux des hirudinées et des lombrics, APATHY est parvenu à colorer les fibrilles du cylindre-axe avec une netteté sans pareille. Ces « neurofibrilles » comme il les appelle, sont des unités anatomiques : les *fibrilles primitives conductrices* (leitende Primitivfibrillen) se poursuivant d'une façon ininterrompue jusqu'à l'extrémité du nerf. Elles sont indépendantes les unes des autres et renfermées dans une substance spéciale, la substance interfibrillaire, formant autour de chacune d'elles un véritable manteau *périfibrillaire*. Chacune de ces fibrilles primitives est constituée elle-même par la réunion d'un nombre plus ou moins considérable de *fibrilles élémentaires* (Elementarfibrillen). Celles-ci ne constituent pas des unités morphologiques, mais bien des unités physiologiques. Elles représentent l'élément constituant élémentaire de la substance conductrice du nerf que nos méthodes d'investigation actuelles ne nous permettent pas d'isoler complètement des éléments voisins.

Ces fibrilles indépendantes ont également été retrouvées par BETHE (7) dans les nerfs des vertébrés et cela, aux dires de ceux qui ont vu les préparations de ce savant, avec une netteté tout-à-fait remarquable.

La structure fibrillaire du cylindre-axe semble donc un fait définitivement acquis à la science.

Cellules nerveuses.

Les *cellules nerveuses* constituent l'élément le plus important de tout le système. Elles sont éminemment variables de forme et de volume, mais elles ont toutes, comme caractère constant, d'être toujours pourvues de prolongements. Il n'existe donc pas, au moins chez l'adulte, de *cellules nerveuses apolaires* c'est-à-dire des cellules sphériques, complètement dépourvues de prolongements. Ces cellules ne s'observent que pendant les premiers temps du développement

embryologique, à l'époque où toutes les cellules du névraxe embryonnaire parcourent la phase de multiplication active qui leur a fait donner le nom de *cellules germinatives* (HIS). Mais ce n'est là qu'une forme transitoire qui ne persiste que pendant un temps relativement court, pour faire place bientôt à la forme définitive que nous retrouvons chez l'adulte. Dans cette forme définitive, toute cellule nerveuse possède donc un ou plusieurs prolongements.



FIG. 135.
Cellules unipolaires de la racine supérieure du nerf trijumeau. (Embryon de lapin.)

En se basant sur le nombre des prolongements qui donnent à une cellule sa forme caractéristique, on peut diviser les cellules nerveuses en trois groupes morphologiques plus ou moins nettement distincts : les *cellules unipolaires,* les *cellules bipolaires* et les *cellules multipolaires.*

Cellules unipolaires. Ce type cellulaire est excessivement rare. On le rencontre, plus ou moins nettement accentué, dans certaines cellules de la rétine, que CAJAL a désignées sous le nom de *cellules amacrines*, sur lesquelles nous reviendrons plus tard. On le retrouve encore, dans toute sa netteté, dans certaines cellules du mésencéphale décrites pour la première fois par DEITERS en 1865 et désignées quelquefois par les auteurs sous le nom de *cellules vésiculeuses.* GOLGI (8) en a démontré, le premier, la forme nettement unipolaire. Nous savons maintenant, grâce aux recherches de LUGARO (9), de nous-mêmes (10) et de CAJAL (11) que ces éléments représentent les cellules d'origine des fibres constitutives de la racine supérieure ou racine motrice du nerf trijumeau. Ce sont des cellules volumineuses, fig. 135, dont le corps cellulaire plus ou moins irrégulier et comme épineux, donne naissance à un gros prolongement descendant qui va devenir le cylindre-axe d'une fibre motrice périphérique.

Ces cellules unipolaires se rencontrent encore, en nombre considérable, mais d'une façon transitoire, pendant les premiers temps du développement embryologique : elles constituent en effet la forme de passage, connue sous le nom de *neuroblaste* (HIS), par laquelle passe

toute cellule nerveuse à partir du moment où elle cesse d'être une cellule germinative.

On pourrait faire rentrer encore dans ce groupe les cellules constitutives des ganglions cérébro-spinaux. Ce sont, en effet, des cellules volumineuses qui ne présentent, chez l'adulte, qu'un seul prolongement. Mais ces cellules ne sont unipolaires qu'en apparence. A

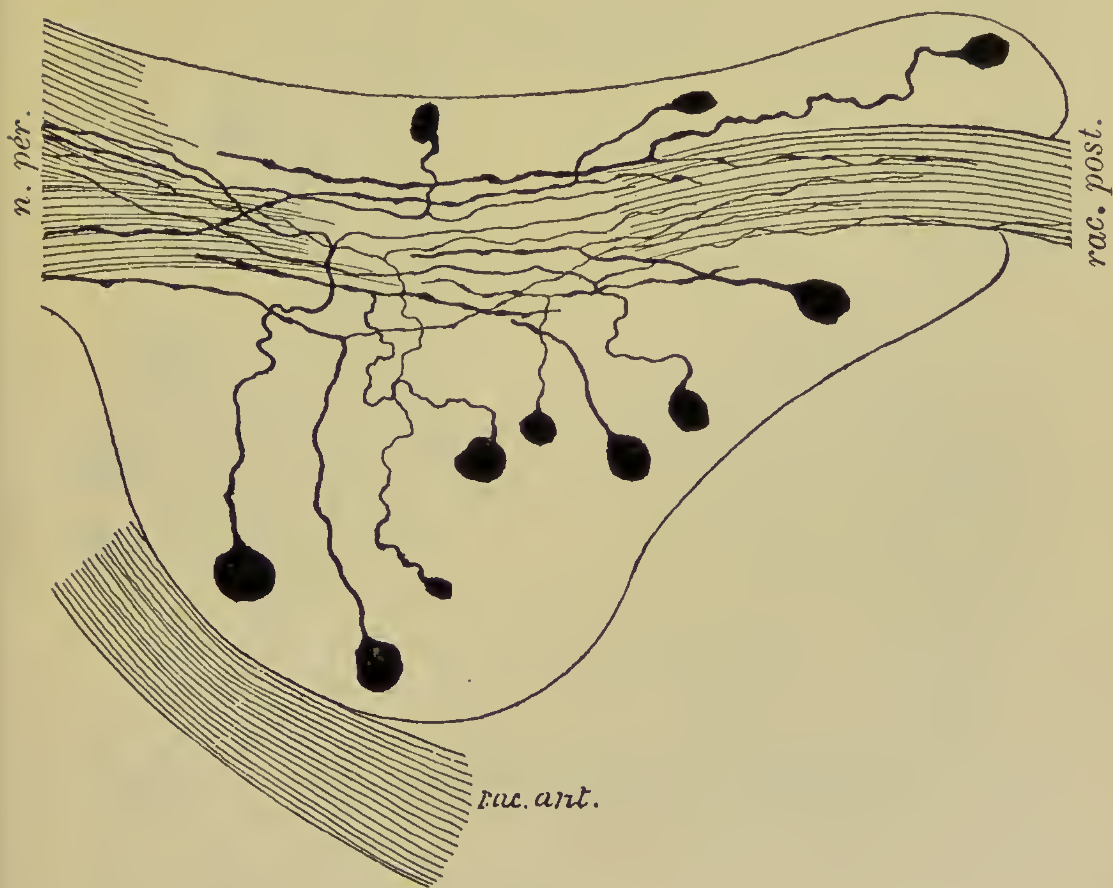


FIG. 136.

Ganglion spinal d'une souris blanche nouveau-née.

rac. post. : Racine postérieure.
rac. ant. : Racine antérieure.
n. pér. : Nerf périphérique.

quelque distance du corps cellulaire le prolongement unique se bifurque, en effet, en un prolongement central et un prolongement périphérique, FIG. 136.

L'histoire du développement de ces cellules unipolaires montre d'ailleurs que, chez tous les vertébrés, elles ont commencé par être des cellules bipolaires, FIG. 137. Ce caractère embryonnaire se con-

serve d'une façon définitive chez quelques poissons, de même qu'on le retrouve, d'une façon permanente chez les vertébrés supérieurs et chez l'homme, dans les ganglions placés sur le trajet du nerf acoustique et pour les cellules d'origine des fibres olfactives.

Chez tous les vertébrés, quelques poissons exceptés, et dans tous les ganglions cérébraux et spinaux, à l'exclusion du ganglion de SCARPA et du ganglion de CORTI dépendant du nerf acoustique, les cellules bipolaires de l'embryon se transforment, pendant le cours du développement, en cellules unipolaires, FIG. 138.

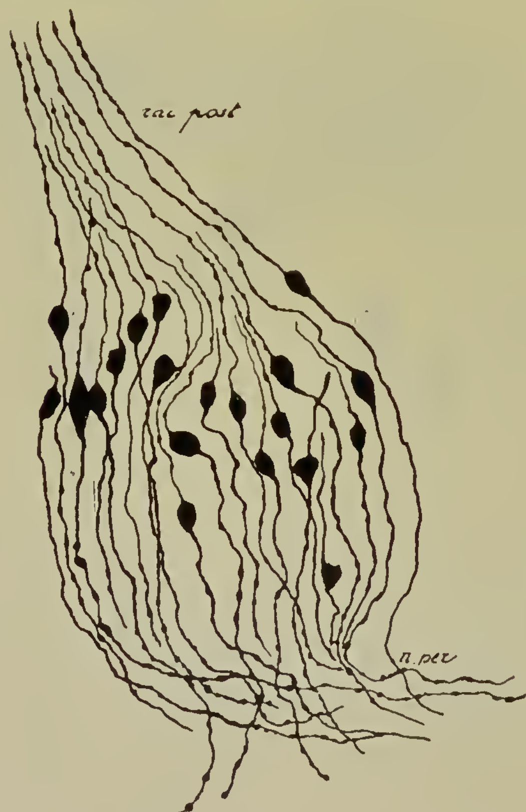


FIG. 137.
Ganglion spinal d'un embryon de poulet âgé de 11 jours.

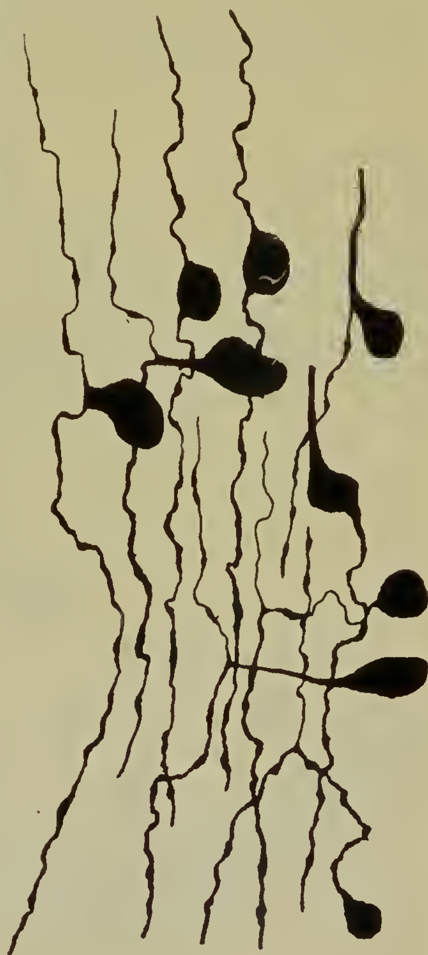


FIG. 138.
Transformation des cellules bipolaires en cellules unipolaires dans le ganglion de GASSER d'un embryon de cobaye.

Les cellules des ganglions cérébro-spinaux ne sont donc *unipolaires* qu'au point de vue morphologique ; physiologiquement nous devons les considérer comme de véritables cellules bipolaires.

Des cellules morphologiquement unipolaires existent encore dans le système nerveux central des animaux inférieurs ; c'est ainsi, par

exemple, que le plus grand nombre des cellules du système nerveux central de la salamandre ne sont pourvues que d'un seul gros prolongement protoplasmatique donnant naissance, à quelque distance du corps cellulaire, à des prolongements nombreux se ramifiant dans la substance blanche voisine, FIG. 139. C'est ainsi encore que les cellules

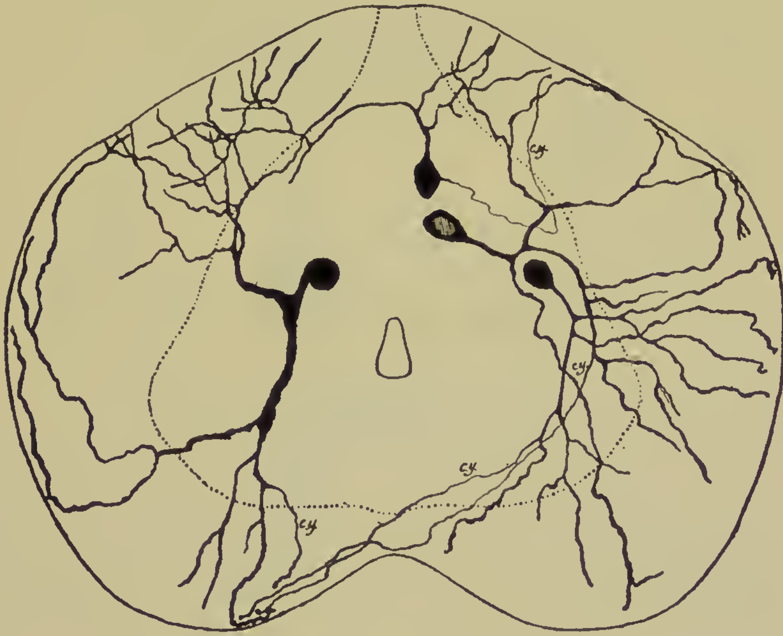


FIG. 139.

Cellules unipolaires de la moelle épinière d'une jeune salamandre.

motrices du système nerveux du lombric, fig. 140 (v. LENHOSSEK, RETZIUS, etc.) et les cellules constitutives des ganglions nerveux des crustacés (RETZIUS) et des hirudinées (APATHY) paraissent n'être pourvues que d'un seul prolongement. Mais ces cellules unipolaires sont en réalité des cellules multipolaires. Rien ne nous autorise, en effet, à délimiter le corps cellulaire uniquement à la masse plus ou moins volumineuse de protoplasme qui héberge le noyau. Le corps cellulaire doit comprendre encore, à notre avis, au moins toute la partie voisine du tronc d'où naissent les autres prolongements.

Le corps cellulaire est, en effet, quelque chose de très difficile à définir et surtout à délimiter. Quand on n'examine que les cellules nerveuses des mammifères dont tous les prolongements naissent directement d'une masse centrale entourant le noyau, la chose parait simple. Mais il n'en est plus de même chez certains vertébrés inférieurs (salamandre) et surtout chez les animaux inférieurs. Ici, la

masse de protoplasme englobant le noyau est excessivement réduite ; de plus, elle semble avoir été étirée elle-même en un tronc protoplasmatique plus ou moins volumineux, d'où naissent de nombreux prolongements secondaires, et qui se continue lui-même, à une distance parfois considérable de la masse principale, avec un prolon-

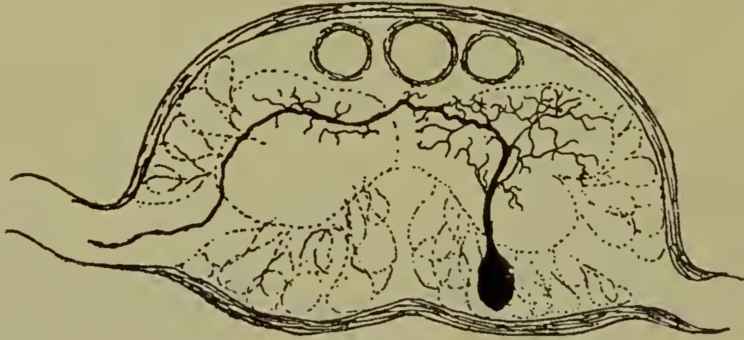


FIG. 140.

Coupe transversale d'un ganglion de lombric (d'après V. LENHOSSEK).

gement de nature spéciale connu sous le nom de prolongement cylindraxile. On se demande, dans ces conditions, s'il ne conviendrait pas de comprendre sous le nom de *corps cellulaire* non seulement la petite masse de protoplasme enveloppant le noyau, mais encore toute la partie du tronc protoplasmatique comprise entre cette masse et l'origine du prolongement cylindraxile. Si cette manière de concevoir les choses correspond à la réalité, toutes les cellules morphologiquement unipolaires des animaux inférieurs rentreraient dans le groupe des cellules multipolaires.

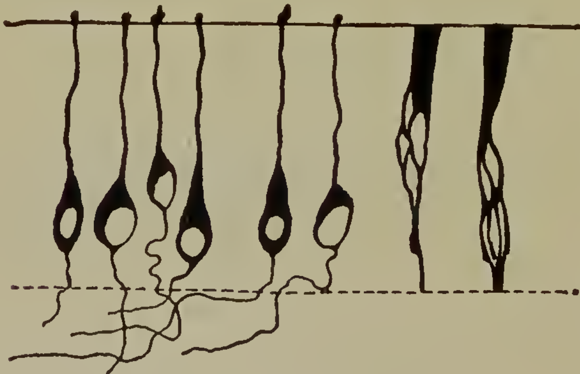


FIG. 141.

Quelques cellules nerveuses bipolaires de la muqueuse olfactive de la souris blanche.

Cellules bipolaires. La plus simple de toutes les cellules nerveuses nous paraît être la cellule bipolaire, FIG. 141. On ne la rencontre que dans les éléments nerveux sensitifs périphériques : cellules bipolaires de la muqueuse olfactive, cellules bipolaires de la rétine, cellules bipolaires du ganglion spiral et du ganglion de SCARPA du nerf acoustique, cellules en apparence unipolaires des ganglions cérébro-spinaux.

Cellules multipolaires. Les cellules nerveuses qui entrent dans la constitution de l'axe cérébro-spinal des mammifères sont presque toutes *multipolaires*, FIG. 142, 143 et 144.

Morphologie et physiologie des prolongements. — Les prolongements d'une cellule nerveuse bipolaire ou multipolaire n'ont pas tous ni les mêmes caractères morphologiques, ni la même valeur physiologique.



FIG. 142.
Cellule nerveuse multipolaire de la moelle d'un embryon de veau.

Depuis longtemps déjà (1851), RUD. WAGNER (12) a établi que, parmi les prolongements des cellules nerveuses de l'organe électrique de la torpille, un seul était en relation directe avec une fibre nerveuse.

En 1865, DEITERS (14) a non seulement confirmé cette observation de WAGNER déjà admise par REMAK (13) pour toutes les cellules motrices, mais, en se basant sur des recherches très étendues, il est arrivé à cette conclusion importante qu'il ne s'agissait pas là d'un cas particulier, mais d'une disposition générale, commune à toutes les cellules nerveuses. Ce prolongement unique, se continuant

avec le cylindre-axe d'une fibre nerveuse, a reçu de DEITERS le nom de *prolongement cylindraxile.* On l'a appelé pendant longtemps *prolongement de Deiters.* Tous les autres prolongements, en s'éloignant de la cellule d'origine, se divisent et se subdivisent en diminuant rapidement d'épaisseur, pour se perdre finalement dans la substance fondamentale. DEITERS leur a donné le nom de *prolongements protoplasmatiques*, parce qu'ils ont l'aspect granuleux du protoplasme cellulaire. Toute cellule nerveuse se trouve ainsi pourvue, d'après DEITERS, de deux espèces de prolongements dont les caractères distinctifs sont nettement tranchés : un prolongement cylindraxile à contours lisses et réguliers, dépourvu de branches collatérales et se continuant avec le cylindre-axe d'une fibre nerveuse, et des prolongements protoplasmatiques à contours irréguliers, d'aspect granuleux, diminuant rapidement de volume, émettant de nombreuses ramilles collatérales et se perdant dans la substance fondamentale, sans que DEITERS ait pu établir leur véritable terminaison.



FIG. 143.
Cellules de PURKINJE
du cervelet d'un enfant nouveau-né.

La division des prolongements d'une cellule nerveuse en prolongements cylindraxiles et prolongements protoplasmatiques, établie par DEITERS, fut généralement acceptée par les auteurs.

En employant la coloration par le chlorure d'or, GERLACH (15) put mettre en évidence (1871), dans toute l'étendue de la substance grise de l'axe cérébro-spinal, un treillis inextricable de fines fibrilles nerveuses. Il considéra ce treillis comme un véritable *réseau* formé par des anastomoses entre les dernières ramifications des prolongements protoplasmatiques de toutes les cellules nerveuses, de telle sorte que, grâce à ce réseau, les cellules nerveuses de tout l'axe cérébro-spinal étaient en continuité directe les unes avec les autres.

C'est là le *réseau nerveux de Gerlach,* dont l'existence fut acceptée sans conteste par presque tous les physiologistes.

Gerlach admettait en outre que plusieurs petites branches de son réseau pouvaient se réunir en un petit faisceau et devenir ainsi le cylindre-axe d'une fibre nerveuse, soit d'une fibre des cordons blancs de la moelle elle-même, soit d'une fibre des racines postérieures des nerfs spinaux.



Fig. 144.

Cellule de la corne antérieure de la moelle dorsale d'un enfant né à 7 mois.

Le cylindre-axe d'une fibre nerveuse pouvait donc avoir une double origine : ou bien provenir d'une cellule nerveuse comme prolongement cylindraxile ainsi qu'il l'admettait pour les fibres des racines antérieures des nerfs spinaux, ou bien provenir des prolongements protoplasmatiques des cellules nerveuses par l'intermédiaire du réseau nerveux comme il croyait pouvoir l'affirmer pour les fibres des racines postérieures.

Contrairement à la conclusion de Deiters, Gerlach n'admet pas l'existence d'un prolongement cylindraxile à toute cellule nerveuse : les cellules motrices seules seraient pourvues de ce prolonge-

ment auquel GERLACH donne le nom de *prolongement nerveux*. Il existerait donc dans l'axe cérébro-spinal deux espèces de cellules nerveuses morphologiquement différentes : les unes seraient en continuité directe avec les fibres des racines antérieures et avec le réseau nerveux, les autres ne seraient en relation qu'avec le réseau nerveux.

De 1871 à 1885, GOLGI (16), professeur à Pavie, publia une série de travaux importants sur la structure interne des centres nerveux. Il fit connaître en même temps une méthode nouvelle, connue sous le nom de *méthode de Golgi*, qui donne des résultats tellement nets, des images à ce point claires et complètes, qu'elle a ouvert une ère nouvelle pour nos connaissances de la fine structure de l'axe cérébro-spinal.

GOLGI a fait connaître plusieurs procédés ; le plus simple, celui qui en même temps donne les résultats les plus rapides et les plus constants, consiste à durcir de petits morceaux de tissu nerveux pendant deux, trois, quatre ou cinq jours dans le mélange suivant :

Bichromate de potassium à 3 %	4 parties
Acide osmique à 1 %	1 partie

Après durcissement, on lave rapidement les morceaux dans l'eau distillée, puis on les porte pendant un ou deux jours ou plus dans une solution de nitrate d'argent à 0,75 %. Il se forme un précipité rouge de chromate d'argent qui se dépose dans les cellules nerveuses. Les morceaux sont ensuite enrobés à la celloïdine et coupés au microtome. Les coupes, déshydratées dans la créosote et éclaircies dans l'essence de térébenthine, sont montées dans la laque de Damar dissoute dans le xylol.

Par cette méthode, les cellules nerveuses sont colorées avec tous leurs prolongements : vues au microscope, elles présentent dans toute leur étendue une belle coloration noire. Les cylindres-axes des fibres nerveuses ne sont imprégnés par le chromate d'argent que pour autant qu'ils sont dépourvus de myéline. C'est pour ce motif que, chez l'adulte, la méthode de GOLGI ne colore que les cellules nerveuses, les fibres du système nerveux sympathique, les fibres des filets olfactifs et encore certaines fibres nerveuses normalement dépourvues de gaine de myéline. Pour colorer les fibres nerveuses de l'axe cérébro-spinal, il faut appliquer la méthode de GOLGI au système nerveux d'embryons ou d'animaux nouveau-nés, à une époque où les fibres nerveuses ne possèdent pas encore leur gaine de myéline.

A l'aide de sa méthode, Golgi a prouvé les faits suivants :

Toute cellule nerveuse est pourvue de prolongements protoplasmatiques et d'un prolongement cylindraxile toujours unique.

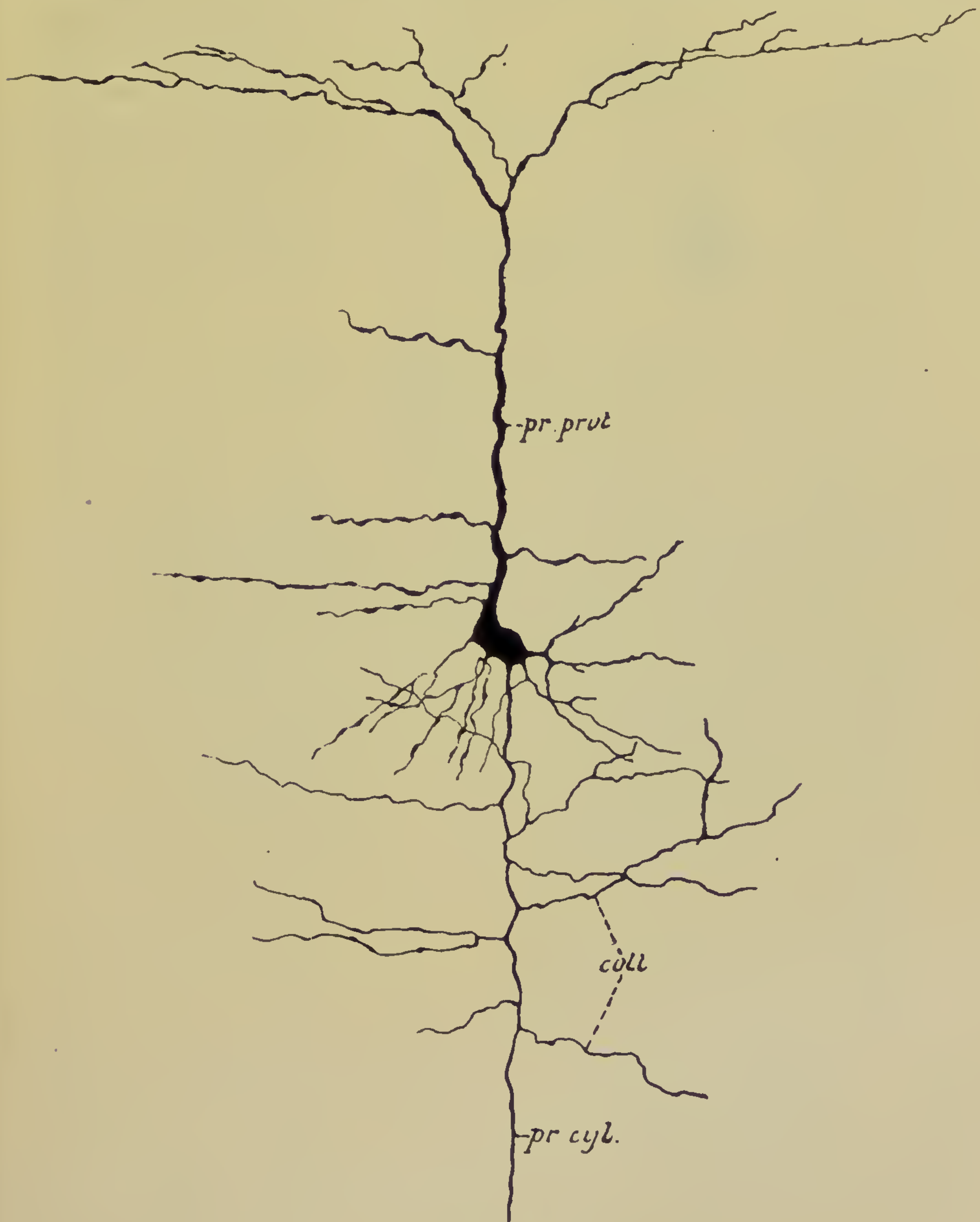


Fig. 145.

Cellule nerveuse de l'écorce cérébrale d'une souris blanche âgée de neuf jours.

pr. prot. : Prolongement protoplasmatique | *coll.* : Branches collatérales du prolongement cylindraxile.
pr. cyl. : Prolongement cylindraxile.

Les prolongements protoplasmatiques des cellules nerveuses ne s'anastomosent pas entre eux. Ils se terminent toujours librement dans l'axe cérébro-spinal. Ce sont des prolongements épais, à contours

irréguliers; leur longueur est variable. Ils diminuent rapidement de volume, en émettant un grand nombre de branches collatérales qui se divisent et se subdivisent à leur tour.



Fig. 146.

Cellule nerveuse à cylindre-axe court de la couche granuleuse du cervelet d'un chat âgé de huit jours.

Le prolongement cylindraxile a des caractères tout particuliers. Il naît, soit directement du corps cellulaire, soit de la base d'un des prolongements protoplasmatiques, au moyen d'un petit cône triangulaire. Ses contours sont nets, réguliers, comme taillés à l'emporte-pièce. Contrairement à l'opinion de Deiters, ce prolongement cylindraxile émet aussi sur son trajet de fines branches collatérales, fig. 145.

Le prolongement cylindraxile peut se comporter de deux façons différentes. Tantôt il est excessivement long et conserve sur toute sa longueur son diamètre primitif tout en émettant, au moins dans le plus grand nombre des cas, des branches collatérales fig. 145; tantôt il est beaucoup plus court et, arrivé à une petite distance du corps cellulaire, il se divise et se subdivise de façon à produire, par l'entrelacement de ses

branches de division, un treillis inextricable, FIG. 146. Il avait semblé à GOLGI que les cellules de la première espèce étaient surtout abondantes dans les cornes antérieures de la moelle d'où sortent les racines motrices, tandis que les cellules de la seconde espèce prédominaient dans les cornes postérieures, au voisinage immédiat des racines sensitives. Se basant sur ce fait, il crut avoir trouvé un caractère morphologique permettant de distinguer une cellule motrice d'une cellule sensitive : toute cellule nerveuse pourvue d'un prolongement cylindraxile long serait une cellule motrice ; toute cellule nerveuse pourvue d'un prolongement cylindraxile court serait une cellule sensitive.

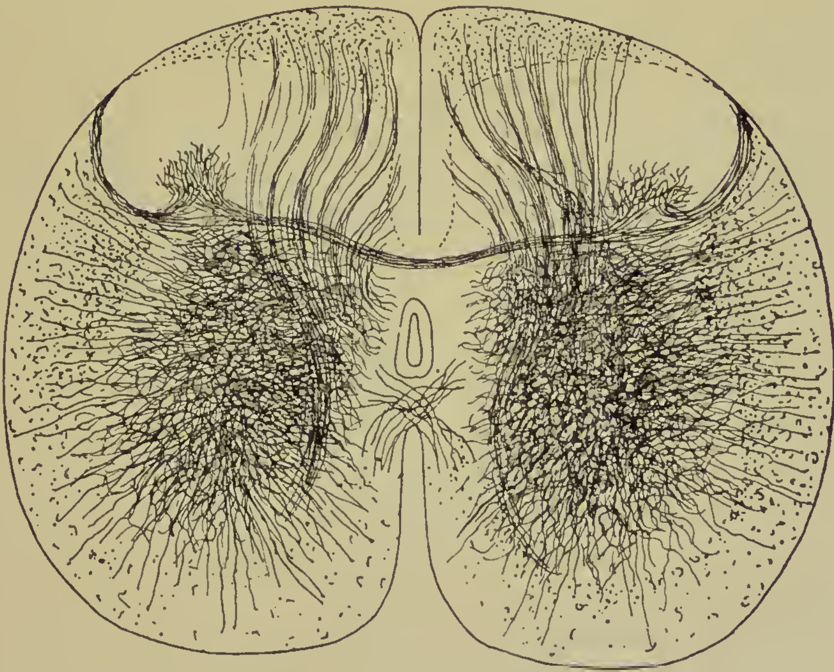


FIG. 147.

Coupe transversale de la moelle lombaire d'un chat de deux jours montrant l'entrelacement des fibrilles nerveuses dans la substance grise.

Dans les préparations où l'imprégnation par le chromate d'argent avait été quelque peu complète, GOLGI put encore constater l'existence, dans toute l'étendue de la substance grise, d'un entrelacement de fines fibrilles nerveuses, déjà signalé par GERLACH à la suite de la coloration par le chlorure d'or. GOLGI est tenté de croire qu'il s'agit là d'un *réseau nerveux diffus*. Il l'affirme même catégoriquement dans un travail spécial publié en 1891. Contrairement à l'opinion de GERLACH, ce réseau ne serait pas formé par les prolongements proto-

plasmatiques des cellules nerveuses, mais il aurait une origine plus complexe. Il résulterait des anastomoses de toutes les fibrilles de nature cylindraxile qui entrent dans la substance grise : ramifications cylindraxiles des cellules nerveuses sensitives de Golgi, collatérales du prolongement cylindraxile des cellules nerveuses motrices, collatérales que les fibres de la substance blanche envoient dans la substance grise sur toute la longueur de l'axe cérébro-spinal.

Les fibres sensitives des racines postérieures de la moelle prendraient leur origine dans ce réseau nerveux.

D'après Golgi, la différence entre les prolongements protoplasmatiques et le prolongement cylindraxile d'une cellule nerveuse n'est pas seulement morphologique, elle est encore fonctionnelle. Le prolongement cylindraxile seul serait de nature nerveuse, aussi l'appelle-t-il le *prolongement nerveux ;* seul il jouirait de la propriété de transmettre l'ébranlement nerveux, de sorte que seul aussi il remplirait la véritable fonction nerveuse ; pour ce motif, il l'appelle encore *prolongement fonctionnel.* Les prolongements protoplasmatiques, au contraire, ne seraient pas de nature nerveuse. « Ils tendraient toujours, dit Golgi, à se porter vers les points dépourvus de fibres nerveuses et se mettraient en connexion vers les cellules connectives et avec les parois des vaisseaux. On peut admettre en conséquence, conclut-il, qu'ils doivent servir à la nutrition et que leur rôle essentiel consiste à conduire le plasma nutritif des vaisseaux sanguins et des cellules connectives aux éléments nerveux. » Les prolongements protoplasmatiques constitueraient ainsi un simple appareil de nutrition pour les éléments nerveux.

Ces résultats des recherches de Golgi, accueillis d'abord avec beaucoup de défiance, furent bientôt confirmés dans les diverses régions des centres nerveux par Mondino, Martinotti, L. Sala, Monti, Marchi, Fusari, Nansen et d'autres.

Depuis 1888, un savant espagnol, Ramon y Cajal (17), a repris l'étude de la structure des centres nerveux au moyen de la méthode au chromate d'argent. Il a retrouvé les deux espèces de cellules nerveuses décrites pour la première fois par Golgi. Mais d'après ses recherches, les cellules sensitives de Golgi se trouvent aussi dans des régions physiologiquement reconnues comme motrices, et les cellules considérées comme motrices par Golgi existent en nombre considérable dans des régions manifestement sensitives. Aussi abandonne-t-il toute distinction morphologique entre cellules motrices et cellules

sensitives et divise-t-il les cellules nerveuses en *cellules à cylindre-axe long* et *cellules à cylindre-axe court*, sans rien préjuger quant à leur fonction spéciale ; tout au plus considère-t-il les cellules à cylindre-axe abondamment ramifié comme ayant probablement pour fonction de transmettre l'ébranlement nerveux en même temps à un grand nombre de cellules nerveuses, de là le nom de *cellules d'association* sous lequel il les désigne quelquefois. SCHAFER leur donne le nom de *cellules intermédiaires*, et V. LENHOSSEK, celui de *dendraxones*.

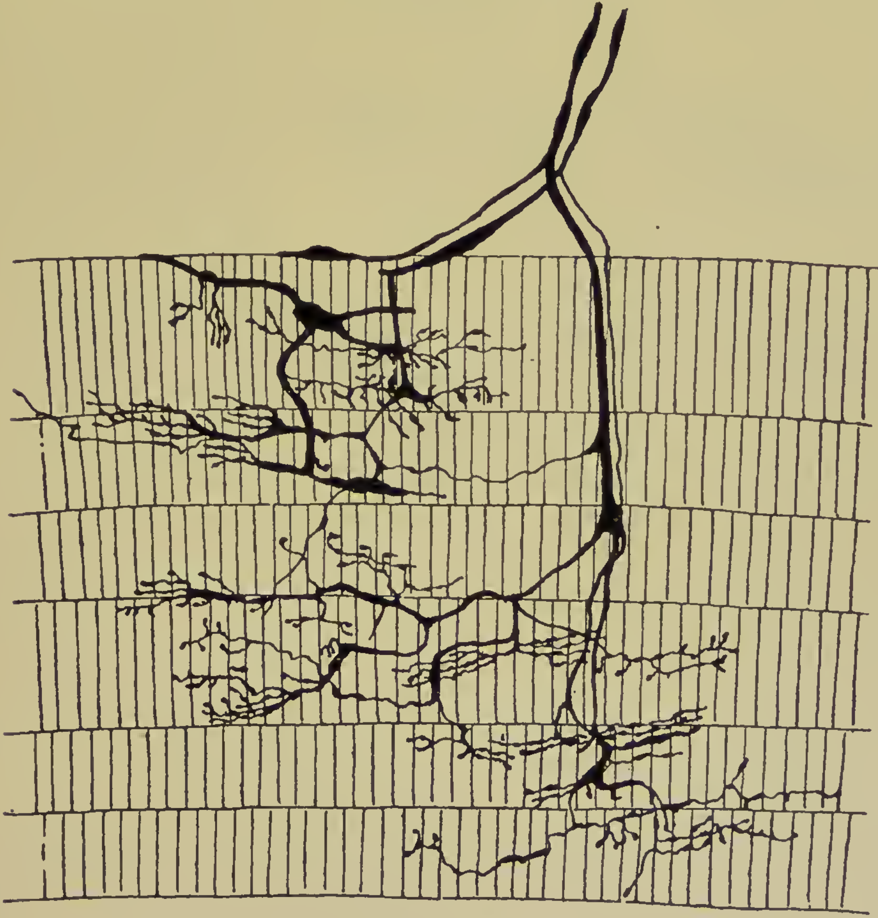


FIG. 148.

Terminaisons nerveuses dans des muscles striés du museau du rat blanc.

L'entrelacement de fines fibrilles nerveuses, signalé par GERLACH et par GOLGI et considéré par ces deux auteurs comme constituant un véritable *réseau*, existe dans toute l'étendue de la substance grise, FIG. 147. Mais ces fibrilles, tout en s'enchevêtrant les unes dans les autres, ne présentent nulle part de véritables anastomoses. C'est un des grands mérites de RAMON Y CAJAL d'avoir prouvé que la termi-

naison du prolongement cylindraxile ou de ses branches collatérales se fait toujours par des ramifications libres et indépendantes quelque soit l'endroit où elle s'effectue, que ce soit dans un organe périphérique, FIG. 148, ou dans une partie quelconque de l'axe cérébro-spinal, FIG. 149.

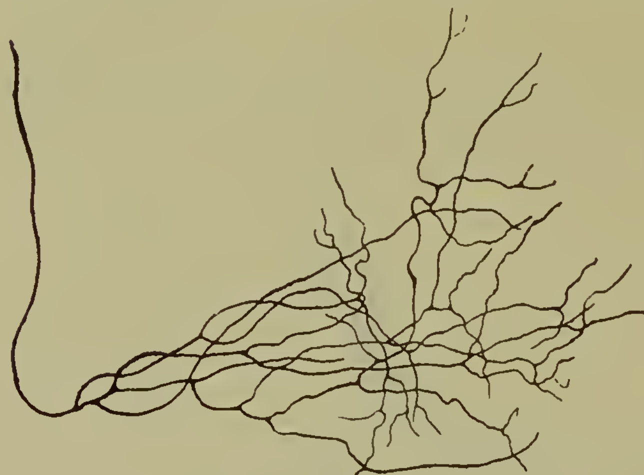


FIG. 149.
Ramifications terminales d'une branche collatérale appartenant à une des fibres des cordons postérieurs dans la moelle lombaire d'un embryon de veau.

Ces observations de RAMON Y CAJAL ont été confirmées par KÖLLIKER (18), par nous-même (19), VON LENHOSSEK (20), RETZIUS (23), PEDRO RAMON (21), CL. SALA (22) et acceptées par HIS (24), EDINGER (25), WALDEYER (26), SCHAFER, (27), KUPFFER (28) et tous ceux, à de rares exceptions près, qui, depuis dix ans, se sont occupés de la structure interne du système nerveux des vertébrés. La continuité entre toutes les cellules nerveuses au moyen d'un réseau nerveux, admise par GERLACH, par GOLGI et par ses élèves, avait d'ailleurs été mise en doute par FOREL (29) en 1887. Des recherches embryologiques étendues avaient déjà, en 1883, conduit HIS à admettre l'indépendance des cellules nerveuses centrales et la terminaison libre des fibres sensitives dans la moelle.

Il résulte donc de tout ce qui précède — et ce sont là les seules données que vous ayez à retenir — que les cellules nerveuses et les fibres nerveuses forment par leur ensemble ce qu'on appelle les éléments nerveux. Mais ces fibres et ces cellules nerveuses ne constituent pas des éléments indépendants. Il n'existe pas, dans l'organisme tout entier, une seule fibre nerveuse qui ne provienne d'une cellule nerveuse : car toute fibre nerveuse possède un cylindre-axe, et tout cylindre-axe représente le prolongement d'une cellule nerveuse. Les fibres nerveuses ne sont donc pas à proprement parler des *éléments nerveux*; elles ne constituent, au moins dans leur partie essentielle, dans le cylindre-axe, que le prolongement d'une cellule. Les cellules nerveuses considérées en elles-mêmes ne sont pas non plus des *éléments*

nerveux, parce qu'on ne peut pas les séparer de leur prolongement cylindraxile. Le seul et unique *élément nerveux*, c'est la cellule nerveuse avec tous ses prolongements. Cette cellule nerveuse ainsi comprise est une espèce d'*unité nerveuse* à laquelle WALDEYER a donné le nom de *neurone*.

Un élément nerveux ou un neurone est donc une cellule nerveuse avec tous les prolongements qui en dépendent. Le plus grand nombre des neurones possèdent deux espèces de prolongements : des prolongements protoplasmatiques ou *dendrites* (HIS) et au moins un prolongement cylindraxile.

Les prolongements protoplasmatiques ne constituent cependant pas une partie indispensable de tout neurone. Nous avons vu, en effet, qu'il existe, même chez les vertébrés supérieurs, des cellules nerveuses manifestement unipolaires. Ces cellules ne sont constituées que d'une masse plus ou moins volumineuse de protoplasme d'où naît directement le prolongement cylindraxile. Nous avons vu, d'autre part, que chez les animaux inférieurs les prolongements protoplasmatiques de même que le prolongement cylindraxile ne naissent pas directement de la masse de protoplasme entourant le noyau, mais que cette masse centrale s'étire, s'allonge en formant un tronc plus ou moins volumineux et plus ou moins étendu d'où naissent alors les deux espèces de prolongements. Ces dispositions jettent un jour tout nouveau sur la valeur des prolongements protoplasmatiques. Ceux-ci, non seulement se développent insensiblement dans le cours du développement ontogénique. Mais dans le cours du développement phylogénique nous voyons le corps cellulaire s'étaler en quelque sorte et se ramifier davantage au fur et à mesure que l'on remonte dans la série des vertébrés. Les prolongements protoplasmatiques ne représentent, en dernière analyse, qu'une expansion du corps cellulaire ne paraissant avoir d'autre but que d'agrandir sa surface pour faciliter et multiplier en quelque sorte les contacts avec d'autres neurones ; ils forment un seul tout avec le corps cellulaire de telle manière que le neurone se réduit en définitive à une masse plus ou moins étalée de protoplasme d'où naît l'axone.

Ces dénominations de *dendrites* et de *prolongement cylindraxile* ou *prolongement du nerf* ne sont pas tout-à-fait satisfaisantes. Cela est surtout vrai pour le prolongement de la cellule nerveuse que l'on a désigné jusqu'ici sous le nom de *prolongement cylindraxile*. Ce mot vient de DEITERS et a été appliqué au seul prolongement de la cellule nerveuse qui va devenir le cylindre-axe d'une fibre nerveuse; c'est même

exclusivement parce que ce prolongement devient le cylindre-axe d'une fibre nerveuse que DEITERS l'a appelé prolongement cylindraxile. Or, nous savons maintenant qu'il existe un grand nombre de cellules nerveuses qui possèdent un prolongement spécial, prolongement que l'on désigne aussi sous le nom de prolongement cylindraxile bien qu'il ne devienne pas cylindre-axe d'une fibre nerveuse : tel le prolongement spécial des cellules de GOLGI, tel encore le prolongement cylindraxile des petites cellules constitutives de la couche granuleuse du cervelet, etc. En présence de ces faits et, en nous basant sur ce fait, que nous démontrerons plus tard, que le sens de la conductibilité est différent dans les deux espèces de prolongements qui dépendent d'une cellule nerveuse, nous avons proposé (30) de diviser ces prolongements en *prolongements cellulipètes* et *prolongements cellulifuges*, division admise tout récemment par CAJAL (5), SCHÄFER (27) propose de désigner le prolongement cylindraxile sous le nom de *neurone*, RAUBER (31) préfère le mot *neurite* et d'autres parlent de *prolongement principal*. La dénomination morphologique qui est, à notre avis, la meilleure c'est celle proposée par KÖLLIKER (32) : le prolongement cylindraxile s'appellerait *axone*. Pour éviter tout malendu voici les dénominations dont nous nous servirons dans la suite :

Le prolongement de la cellule nerveuse que DEITERS a appelé prolongement cylindraxile, nous le désignerons d'une façon indifférente sous les noms de *prolongement cylindraxile*, *prolongement cellulifuge* ou *axone*, mais en faisant remarquer que le sens que nous attachons au mot *prolongement cylindraxile* est tout différent que celui que DEITERS y attachait. Pour nous, le prolongement cylindraxile ou l'axone est ce prolongement spécial d'une cellule nerveuse qui, dans l'immense majorité des cas, se distingue de tous les autres par ses caractères morphologiques et qui jouit de la *conductibilité cellulifuge*, que ce prolongement devienne ou ne devienne pas le cylindre-axe d'une fibre nerveuse.

Pour tous les autres prolongements d'une cellule nerveuse nous gardons la dénomination de *prolongements protoplasmatiques*, *dendrites* ou *prolongements cellulipètes*.

Dans l'état actuel de nos connaissances, nous devons admettre que les prolongements protoplasmatiques et le prolongement cylindraxile d'une cellule nerveuse se terminent librement, et que, par conséquent, les éléments nerveux, qui entrent dans la constitution de l'axe cérébro-spinal, restent indépendants les uns des autres, n'agissent et ne peuvent agir les uns sur les autres que par *contiguité* ou par *contact*.

L'entrelacement compact de fines fibrilles nerveuses qui existe dans toute l'étendue de la substance grise et qui a été signalé tout d'abord par GERLACH, puis par GOLGI, RAMON Y CAJAL, KÖLLIKER, nous-même, V. LENHOSSEK, RETZIUS et beaucoup d'autres, ne doit pas être considéré comme un véritable réseau, mais comme un simple enchevêtrement sans anastomoses. C'est à cet enchevêtrement de fibrilles, à la fois protoplasmatiques et cylindraxiles, que HIS a donné le nom de *neuropile*.

Les recherches de VON LENHOSSEK (33) sur le système nerveux du lombric, celles plus étendues encore de RETZIUS (34), le savant histologiste de Stockholm, sur le système nerveux d'un grand nombre de vers et de mollusques, — recherches qui ont été entreprises avec la méthode de GOLGI — prouvent que la même indépendance des éléments nerveux existe chez les animaux inférieurs. Chez ces derniers, le neuropile de HIS correspond à ce que LEYDIG avait désigné depuis longtemps déjà sous le nom de *Punktsubstanz*.

Ce qui apporte à cette manière de voir un appui considérable, ce sont les magnifiques résultats obtenus par RETZIUS dans ses belles recherches sur le système nerveux des crustacés, recherches exécutées par la méthode au bleu de méthylène ou méthode de EHRLICH.

En 1886, EHRLICH (35) a découvert ce fait important, que l'injection intraveineuse d'une solution de bleu de méthylène, chez un animal vivant, détermine la coloration exclusive des éléments nerveux, dès que les tissus ainsi injectés arrivent au contact de l'air. La même coloration s'obtient lorsqu'on laisse des tissus enlevés à un animal fraîchement tué s'imbiber quelque temps dans la même solution.

Cette méthode avait, au début, l'immense désavantage de ne pas donner des préparations durables, la coloration disparaissant au bout d'une quinzaine de minutes. La fixation des pièces par le molybdate d'ammoniaque, recommandée par BETHE, a fait disparaître cet inconvénient.

Avec la méthode de EHRLICH, RETZIUS a montré que le système nerveux des animaux inférieurs est constitué également d'éléments nerveux ou de neurones indépendants. CAJAL, qui a appliqué cette méthode chez les mammifères adultes, a démontré que les résultats qu'elle fournit ne font que confirmer ceux obtenus par la méthode au chromate d'argent.

Nous avons vu plus haut que, d'après GOLGI, il existe une différence non seulement morphologique mais fonctionnelle entre les prolongements protoplasmatiques et le prolongement cylindraxile. Celui-ci seul serait de nature nerveuse; tous les autres ne constitueraient que des appareils de nutrition destinés à se mettre en contact avec les parois des vaisseaux pour y puiser les aliments nutritifs nécessaires à la vie de la cellule. Admise par NANSEN (36) et par les élèves de GOLGI [L. SALA (37), MARTINOTTI (38), etc.], cette relation entre les prolongements protoplasmatiques et les parois des vaisseaux

sanguins a été contestée par tous les auteurs qui, depuis douze ans, ont appliqué la méthode au chromate d'argent à l'étude de la structure des centres nerveux.

Ce qui prouve que les prolongements protoplasmatiques sont de nature nerveuse et qu'elles jouissent de la conductibilité nerveuse, au même titre que le corps cellulaire et le prolongement cylindraxile, ce sont les dispositons spéciales des éléments nerveux dans divers endroits du névraxe : le bulbe olfactif, les lobes optiques, etc.

Dans le bulbe olfactif des mammifères, on a démontré [Ramon y Cajal, Van Gehuchten et Martin, Retzius, Kölliker (39)] que les grandes cellules mitrales, qui forment la première rangée cellulaire de la couche grise du bulbe, ne viennent en contact avec les filets olfactifs que par leurs prolongements protoplasmatiques, fig. 150. Dans ce cas, l'ébranlement nerveux amené par les filets olfactifs ne peut être transmis à la cellule mitrale qu'en passant par les prolongements protoplasmatiques. La même disposition se retrouve dans les couches les plus superficielles des lobes optiques des oiseaux (Ramon y Cajal et Van Gehuchten), où les fibres du nerf optique ne viennent en contact qu'avec les prolongements protoplasmatiques des cellules optiques, fig. 151. Une disposition analogue, plus démonstrative encore, se retrouve dans la moelle épinière des batraciens et notamment de la salamandre [Van Gehuchten (40)] : ici les cellules nerveuses de la substance grise envoient leurs prolongements protoplasmatiques richement ramifiés entre les fibres de la substance blanche ; d'autre part, les collatérales nées des fibres de cette substance blanche sont généralement des collatérales courtes se ramifiant et se terminant dans la substance blanche elle-même ; il s'ensuit que les ébranlements nerveux, transmis par ces fibres de la substance blanche, ne peuvent arriver aux cellules nerveuses qu'en passant par les prolongements protoplasmatiques qui dépendent de ces dernières. Dans tous ces cas, il est évident que les prolongements protoplasmatiques doivent être de nature nerveuse et servir à la conduction nerveuse.

Ces observations ont établi la nature nerveuse non seulement du prolongement cylindraxile et de sa cellule d'origine, mais encore de tous les prolongements protoplasmatiques.

La différence morphologique qui sépare les prolongements protoplasmatiques du prolongement cylindraxile n'est donc pas bien profonde, puisque les deux espèces de prolongements sont de nature nerveuse. Elle ne réside en somme que dans quelques caractères

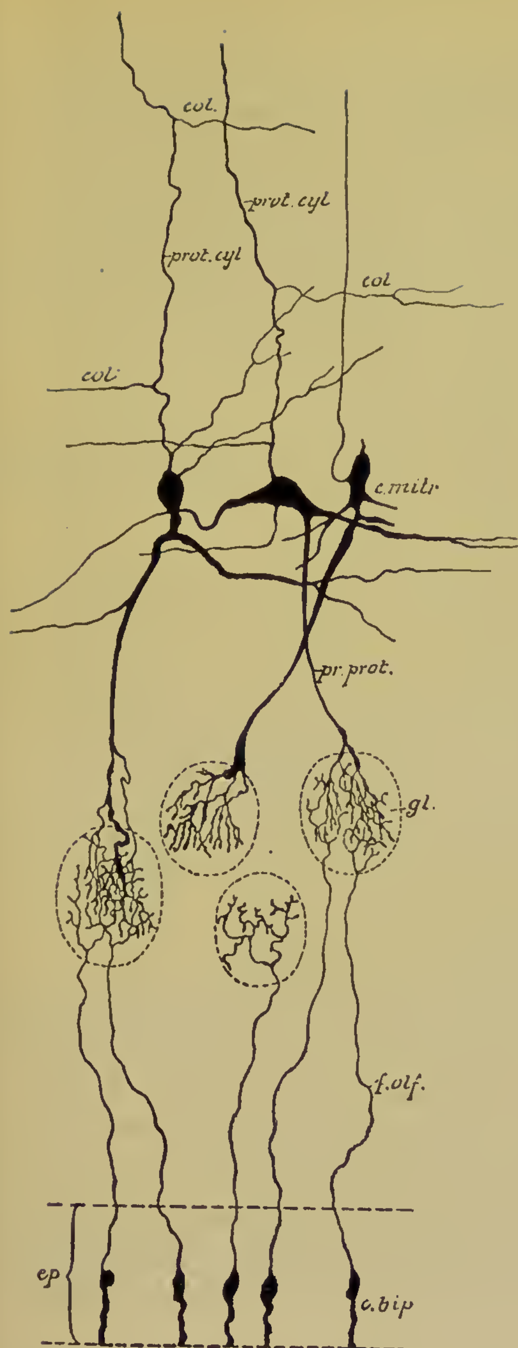


FIG. 150.

Schéma montrant le trajet des filets olfactifs et leur contact, dans les glomérules du bulbe, avec un prolongement protoplasmatique d'une cellule mitrale, chez les mammifères.

ep. : Épithélium de la muqueuse olfactive.
c. bip. : Cellules bipolaires olfactives.
f. olf. : Filets olfactifs.
gl. : Glomérules du bulbe olfactif.
c. m. : Cellules mitrales.
pr. prot. : Prolongements protoplasmatiques.
prol. cyl. : Prolongements cylindraxiles avec, *col*, leurs branches collatérales.

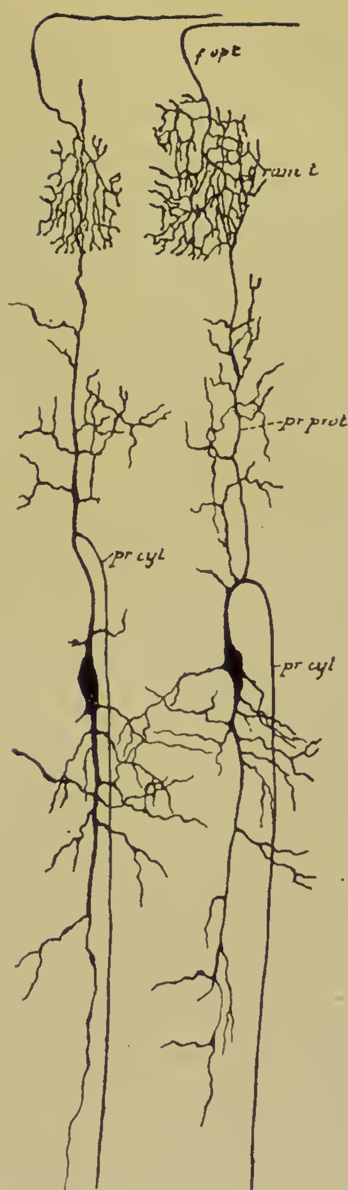


FIG. 151.

Terminaison des fibres du nerf optique dans les couches superficielles du lobe optique chez un embryon de poulet. Les ramifications cylindraxiles ne viennent en contact qu'avec les ramifications protoplasmatiques des cellules nerveuses du lobe optique.

f. opt. : Fibres du nerf optique.
ram. t. : Leurs ram. terminales.
pr. prot. : Prolongements protoplasmatiques.
pr. cyl. : Prol. cylindraxiles des cell. nerv. du lobe optiq.

extérieurs. Nous verrons d'ailleurs que, dans certaines circonstances, toute différence morphologique peut même disparaître complètement. Il en est ainsi notamment pour les cellules nerveuses des batraciens, où les caractères morphologiques des prolongements protoplasmatiques se rapprochent tellement de ceux du prolongement cylindraxile que LADOWSKY (41) a décrit *tous* les prolongements des cellules nerveuses comme des prolongements cylindraxiles.

La différence physiologique semble nulle, puisque tous les prolongements jouissent de la conduction nerveuse.

Une étude comparée des différents éléments nerveux montre cependant que le *sens* suivant lequel se fait la conduction nerveuse varie dans les deux espèces de prolongements.

Dans les prolongements protoplasmatiques, l'ébranlement nerveux se transmet toujours des ramifications terminales vers la cellule d'origine, tandis que dans le prolongement cylindraxile la transmission se fait de la cellule nerveuse vers les ramifications terminales. Les prolongements protoplasmatiques possèdent donc la conduction *cellulipète* : ils recueillent autour d'eux les ébranlements venus des éléments voisins et les transmettent à la cellule dont ils dépendent. Le prolongement cylindraxile jouit de la conduction *cellulifuge* : il reçoit l'ébranlement nerveux de sa cellule d'origine et doit le transmettre aux éléments avec lesquels il arrive en contact.

Cette hypothèse, que nous avons émise (19) le premier d'une façon quelque peu dubitative en 1891, et que nous avons développée dans nos recherches ultérieures, a été défendue également par RAMON Y CAJAL (42) sous le nom de *théorie de la polarisation dynamique des éléments nerveux*. D'après cette théorie, les prolongements protoplasmatiques avec le corps cellulaire dont ils dépendent seraient des appareils de perception de l'ébranlement nerveux, tandis que les prolongements cylindraxiles constitueraient des appareils d'application.

L'étude ultérieure vous montrera clairement que cette hypothèse se trouve en parfait accord avec les faits.

Littérature.

1. Flechsig : *Die Leitungsbahnen im Gehirn und Rückenmark*. Leipzig 1876. — *Zur Anatomie und Entwicklungsgeschichte der Leitungsbahnen im Grosshirn des Menschen*. Archiv f. Anat. und Entwickl., 1881, pp. 12-75. — 2. M. Schultze : *Observationes de structura cellularum fibrarumque nervearum*. Bonn, 1868. — *Allgemeines über die Strukturelemente des Nervensystems*. Stricker's Handbuch, Leipzig, 1871. — 3. Kupffer : *Ueber den « Achsencylinder » markhaltiger Nervenfasern*. Sitz. Ber. der math. phys. Kl. d. k. bayer. Akad. d. Wiss., 1883. — 3'. Butschli : *Unters. über mikrosk. Stämme und das Protoplasma*, 1892. — 4. Held : *Beiträge zur Struktur der Nervenzellen und ihrer Fortsätze*. Arch. f. Anat. und Phys., Phys. Abth., 1897. — 5. Ramon y Cajal : *El sistema nervoso del hombre y de los vertebrados*. Madrid, 1897. 1 fasc. — 6. Apathy : *Das leitende Element des Nervensystems und seine topographischen Beziehungen zu der Zellen*. Mitteil. aus d. zoolog. Station zu Neapel, 1897. — 7. Bethe : *Ueber die Primitivfibrillen in den Ganglienzellen vom Menschen und anderen Wirbeltieren*. Morpholog. Arbeiten. Bd. VIII, 1898. — 8. Golgi : *Sur l'origine du quatrième nerf cérébral et sur un point d'histophysiologie générale qui se rattache à cette question*. Archives italiennes de Biologie, 1893, pp. 454-474. — 9. Lugaro : *Sull origine di alcuni nervi encefalici*. Archiv. di ottalmologia. 1894. — 10. Van Gehuchten : *De l'origine du pathétique et de la racine supérieure du trijumeau*. Bulletin de l'Académie royale de Belgique, mars 1895, pp. 417-441. — 11. Cajal : *Origines del trigemino*. Madrid 1895. — 12. R. Wagner : *Handwörterbuch der Physiologie*. Bd. III, Abth. I, p. 377, 1851. — 13. E. Remak : *Ueber multipolare Ganglienzellen*. Berichte über die Verhandl. d. k. preuss. Akad., Berlin, 1854, p. 29. — 14. Deiters : *Untersuchungen über Gehrin und Rückenmark des Menschen und der Säugethiere*. Braunschweig, 1865. — 15. Gerlach : Article « *Rückenmark* » dans Stricker's Handbuch der Lehre von den Geweben. Bd. II, 1871. — 16. C. Golgi : *Beitrag zur feineren Anatomie der Centralorgane des Nervensystems*. 1871. — *Ueber den Bau der grauen Substanz des Grosshirns*. 1874. — *Ueber die feinere Anatomie des menschlichen Kleinhirns*. 1874 (cités d'après la traduction allemande parue en 1894). — *Sulla fina struttura dei bulbi olfattorii*: Reggio Emilia, 1875. — *Considérations anatomiques sur la doctrine des localisations cérébrales*. Archives italiennes de Biologie, 1882, pp. 237-253, pp. 255-268. — *Recherches sur l'histologie des centres nerveux*. Ibid., t. III. 1883, pp. 285-314 ; t. IV, 1883. pp. 92-122 ; t. VII, 1886, pp. 15-47. — *Sulla fina anatomia degli organi centrali del sistema nervosa*. Milan, 1886. — *Ueber den feineren Bau des Rückenmarkes*. Anatomischer Anzeiger, 1890. — *La rete nervosa diffusa degli organi centrali del sistema nervoso. Suo significato fisiologico*. Estratto dai Rendiconti del R. Istituto Lombardo, 1891. — 17. Ramon y Cajal : *Estructura de los centros nerviosos de las aves*. Revista trimestrial de histologia normal y pathologica, nº 1, 1888, p. 1-10. — *Sobre las fibras nerviosas de la capa molecular del cerebelo*. Ibid., nº 3. 1888, p. 33-41. — *Estructura del lobulo optico de las aves*. Ibid., nºˢ 3 et 4, 1889, p. 65-78. — *Contribucion al estudio de la estructura de la medula espinal*. Ibid., 1889, p. 79-106. — *Sobre las fibras nerviosas de la capa granulosa del cerebelo*. Ibid., 1889, p. 107-118. — *Sur l'origine et la direction des prolongations nerveuses de la couche moléculaire du cervelet*. Internat. Monatschrift, Bd. VI. Heft 3 et 4, 1889. — *Conexion general de los elementos nerviosos*. La Medicina pratica,

nº 88, p. 341-346, 1889. — *Sur l'origine et les ramifications des fibres nerveuses de la moelle embryonnaire.* Anatomischer Anzeiger, nº 3, p. 85-95 et nº 4, p. 111-119, 1890. — *Sur les fibres nerveuses de la couche granuleuse du cervelet et sur l'évolution des éléments cérébelleux.* Intern. Monatschr., Bd. VII, Heft 1, 1890. — *A propos de certains éléments bipolaires du cervelet avec quelques détails nouveaux sur l'évolution des fibres cérébelleuses.* Intern. Monatschr., Bd. VII, Heft 2, 1890. — *Nuevas observaciones sobre la estructura de la medula espinal de los mamiferos.* Avril 1890, Barcelone. — *Sobre la aparicion de las expansiones celulares en la medula embrionaria.* Gaceta sanitaria de Barcelona, nº 12, p. 413-418, août 1890. — *Réponse à M. Golgi à propos des fibrilles collatérales de la moelle épinière et de la structure générale de la substance grise.* Anatom. Anz., nº 20, p. 579-587, 1890. — *A quelle époque apparaissent les expansions des cellules nerveuses de la moelle épinière du poulet ?* Anatomischer Anz., nº 21, p. 609-613 ; nº 22, p. 631-639, 1890. — *Origen y terminacion de las fibras nerviosas olfactorias.* Extrait de la Gaceta sanitaria Municipal du 10 décembre 1890. — *Textura de las circonvoluciones cerebrales de los mamiferos inferiores.* Extrait de la Gaceta Medica Catalana du 15 décembre 1890. — Pequenas comunicaciones anatomicas : I. *Sobre la existencia de terminaciones nerviosas pericelulares en los ganglios nerviosos raquidianos ;* II. *Sobre la existencia de colaterales y de bifurcaciones en las fibras de la substantia blanca de la corteza grès del cerebro.* 20 décembre 1890. — 18. Kölliker : *Histologische Mittheilungen.* Sitzungsber. der Wurzb. Phys. med. Gesellschaft, 1890. — *Zur feineren Anatomie des centralen Nervensystems.* Erster Beitrag : *Das Kleinhirn.* Zeitschr. f. wiss. Zool., Bd 49, 1890. — *Ueber der feineren Bau des Rückenmarks.* Sitzungsber. der Wurzb. Phys.-med. Gesellsch. 1890. — *Zur feineren Anatomie des centralen Nervensystems.* Zweiter Beitrag : *Das Rückenmark.* Zeitschr. f. wiss. Zool., Bd. 51, 1890. — *Der feinere Bau des verlängerten Markes.* Anatom. Anzeiger, 1891. — *Eröffnungsrede auf der 5. Versammlung der Anatomischen Gesellschaft* (Munchen 1892). Anatom. Anzeiger, 1891. — 19. Van Gehuchten : *La structure des centres nerveux : la moelle épinière et le cervelet.* La Cellule, t. VII, 1er fasc., 1891. — *Les découvertes récentes dans l'anatomie et l'histologie du système nerveux central.* Conférence donnée à la Société belge de microscopie le 25 avril 1891. Annales de la Société belge de microscopie, 1891. — Van Gehuchten et Martin : *Le bulbe olfactif chez quelques mammifères.* La Cellule, t. VII, 1891. — Van Gehuchten : *La structure des lobes optiques chez l'embryon du poulet.* La Cellule, t. VIII, 1892. — *Les cellules nerveuses du sympathique chez quelques mammifères et chez l'homme.* La Cellule, t. VIII, 1892. — 20. v. Lenhossek : *Ueber Nervenfasern in hinteren Wurzeln welche aus dem Vorderhorn entspringen.* Anatomischer Anzeiger. 1890. — *Neuere Forschungen über den feineren Bau des Nervensystems.* Correspondenzblatt für Schweizer Aerzte. 1891. — *Der feinere Bau des Nervensystems im Lichte neuester Forschungen.* Forschritte der Medicin, 1892. — 21. P. Ramon : Notas preventivas sobre la estructura de los centros nerviosos : I. *Terminacion del nervio optico en los cuorpos geniculados y tuberculos cuadrigeminos.* II. *Estructura der bulbo olfatorio de las aves.* III. *Estructura del cerebelo de los pices.* Gaceta sanitaria de Barcelona, 1890. — *Las fibras colaterales de la substancia blanca en la medula de las larvas de batracia.* Gaceta Sanitaria de Barcelona, Oct. 1890. — *Investigaciones de histologia comparada en los centros opticos de los vertebrados.* Thèse de doctorat, Madrid 1890. — *El encephalo de los reptilos*, Barcelone, 1891. — 22. Cl. Sala : *Estructura de la medula espinal de los batracios*, Barcelone. 1892. — 23. Retzius : *Zur Kenntniss der centralen Nervensystem von Myxine glutinosa.* Biolog. Unters. Bd.

II, 1891. — *Die nervösen Elemente der Kleinhirnrinde. Die Endigungsweise der Gehörnerven. Ueber den Typus der sympathischen Ganglienzellen der höheren Thiere.* Biolog. Unters. Bd. III, 1892. — *Ueber die neuen Prinzipien in der Lehre von der Einrichtung des sensiblen Nervensystems.* Biolog. Unters. Bd. IV. 1893. = 24. HIS : *Ueber der Aufbau unseres Nervensystems.* Berliner klinische Wochenschrift, 1893. — 25. EDINGER : *Zwölf Vorlesungen über den Bau der nervösen Centralorgane.* Dritte Auflage. 1892. — 26. WALDEYER : *Ueber einige neuere Forschungen im Gebiete der Anatomie des Nervensystems.* Deutsche Medic. Wochenschrift, 1891. — 27. SCHAFER : *The nerve cell considered as the basis of the Neurology,* Brain, 1893. — 28. KUPFFER : *Die Neuren-Lehre in der Anatomie des Nervensystems.* Munchener Mediz-Wochenschr. 1894. — 29. FOREL : *Einige hirnanatomische Betrachtungen und Ergebnisse.* Archiv f. Psychiatrie und Nervenkrankheiten, Bd 18, 1887. — 30. VAN GEHUCHTEN : *Nouvelles recherches sur les ganglions cérébro-spinaux.* La Cellule, t, VIII, 1892. — *Le système nerveux de l'homme.* 1re édition, Lierre, 1893. — *Anatomie du système nerveux de l'homme,* 2e édition, Louvain, 1896. — 31. RAUBER : *Lehrbuch der Anatomie des Menschen.* Bd. II, 2 Abth., Leipzig, 1894. — 32. KÖLLIKER : *Handbuch der Gewebelehre des Menschen.* 6e Auflage, Bd. II, Leipzig, 1893. — 33. V. LENHOSSEK : *Die sensibeln Nerven des Regenwurms.* Basel., Oct. 1891. — *Ursprung, Verlauf und Endigung der sensibeln Nervenfasern bei Lumbricus.* Archiv. f. mikr. Anat., Bd. 39, 1892. — 34. RETZIUS : *Das nervensystem der Lumbricinen.* Biol. Unters., Bd. III, 1892, — *Das sensible Nervensystem der Polychäten. Das sensible Nervensystem der Mollusken.* Biolog. Unters,, Bd. IV. 1893. — *Zur Kenntniss des Nervensystems der Crustaceen.* Biolog. Unters,, Bd. I, 1890. — 35. EHRLICH : *Ueber die Methylenblaureaktion der lebenden Nervensubstanz.* Deutsche Mediz. Wochenschr.. 1886. — 36. NANSEN : *The structure and combination of the histological elements of the central nervous system.* Bergens Museum Aarsberetning, 1886. — *Die Nervenelemente, ihre Struktur und Verbindung im Central-Nervensystem.* Anatomischer Anzeiger, 1888. — 37. L. SALA : *Zur feineren Anatomie des grossen Seepferdefusses.* Zeitschr. f. wiss-Zool., 1891. — 31. MARTINOTTI : *Beitrag zum Studium der Hirnrinde und dem Centralursprung der Nerven.* Internat. Monatschr. f. Anat. und Phys.. Bd. VII, 1890. — 39. KÖLLIKER : *Ueber den feineren Bau des Bulbus olfactorius.* Sitzungsber. d. Würburger Physik.-medic. Geselsch., 1891. — 40. VAN GEHUCHTEN : *La moelle épinière des larves des Batraciens.* Archives de Biologie, 1897, p. 616. — 41. LAVDOWSKY : *Vom Aufbau des Rückenmarks.* Archiv f. mikr. Anat., Bd. 31, 1891. — 42. RAMON Y CAJAL : *Significacion fisiologica de las expansiones protoplasmaticas y nervosas de las celulas de la substancia gris.* Revista de Ciencias Medicas de Barcelona, nº 22 et 23. 1891.

DIXIÈME LEÇON

Éléments histologiques qui entrent dans la constitution du système nerveux.

(Suite).

Anastomoses entre cellules nerveuses et entre fibres nerveuses. Théories de Apathy, Held, Bethe et Nissl.

Nous avons vu, dans la dernière leçon, que les éléments nerveux comprennent les cellules nerveuses et les fibres nerveuses. Ces cellules et ces fibres sont en continuité directe les unes avec les autres, puisque tout cylindre-axe doit être considéré comme un simple prolongement cellulaire. Une cellule nerveuse avec tous ses prolongements constitue une espèce d'unité nerveuse, un élément nerveux, un neurone. Tout neurone est généralement pourvu de deux espèces de prolongements : des prolongements protoplasmatiques et un prolongement cylindraxile. Les prolongements protoplasmatiques se terminent toujours par des ramifications libres. Le prolongement cylindraxile est généralement unique ; quelquefois cependant un même neurone peut avoir deux et même plusieurs prolongements nerveux [Ramon y Cajal (1), Retzius (2)]. Tout prolongement cylindraxile et toutes les branches collatérales qui en dépendent se terminent toujours par des ramifications libres. Les éléments nerveux ne s'anastomosent donc pas entre eux par leurs prolongements protoplasmatiques : le réseau nerveux de Gerlach n'existe pas. Ils ne s'anastomosent pas non plus au moyen de leurs prolongements cylindraxiles : le réseau nerveux diffus de Golgi n'existe pas non plus. Dans l'état actuel de nos connaissances, nous devons admettre que les éléments nerveux restent indépendants les uns des autres, qu'ils n'agissent et ne peuvent agir les uns sur les autres que par *contiguïté* ou par *contact*. Notez bien que je dis : dans l'état actuel de nos connaissances les neurones sont des éléments indépendants ; cela veut dire qu'avec les méthodes d'investigation dont nous disposons

actuellement, on ne voit pas d'anastomoses entre les éléments nerveux et par conséquent on ne doit pas les admettre.

Il ne faut pas croire cependant que cette absence d'anastomoses soit un fait anatomique accepté sans conteste par tous ceux qui, dans ces dernières années, ont fait des recherches spéciales sur l'organisation interne du système nerveux. Que les anastomoses entre cellules nerveuses ne constituent pas la disposition normale, la disposition typique des éléments nerveux, c'est-à-dire la connexion anatomique indispensable pour la transmission de l'influx nerveux d'un neurone à un autre neurone, c'est là une conviction que je partage avec His, Forel, Cajal, Kölliker, v. Lenhossek, Retzius, Edinger et bien d'autres encore. Et si maintenant, dans un cas exceptionnel, l'un ou l'autre auteur parvenait à mettre en évidence, d'une façon indiscutable, une fusion intime et réelle entre deux cellules nerveuses, soit par les prolongements protoplasmatiques, soit par les prolongements cylindraxiles, ce fait ne suffirait pas encore *à lui seul* à ébranler ma conviction et à me faire rejeter la doctrine de l'indépendance des éléments nerveux actuellement admise par la grande majorité des neurologistes. Il y a des personnes qui présentent de la polydactylie soit aux mains, soit aux pieds ; il n'est venu à l'esprit de personne de conclure de ce fait indiscutable que tous nous avons six doigts à chacune de nos mains ou à chacun de nos pieds. Il arrive quelquefois, dans les grossesses gemellaires, que les enfants naissent soudés l'un à l'autre sur une étendue plus ou moins considérable. Il se tromperait certes gravement celui qui, s'appuyant sur ce fait, voudrait en tirer une conclusion générale. Et pour rester dans le domaine spécial qui nous occupe, signalons encore ce fait que nous avons observé tout récemment : l'existence de deux noyaux dans une cellule nerveuse d'un ganglion spinal et dans une des cellules constitutives du noyau d'origine du nerf oculo-moteur commun chez le lapin. Ce fait incontestable ne nous fera cependant pas admettre l'existence de deux noyaux dans toute cellule nerveuse. Ce sont là des cas rares, exceptionnels, des monstruosités dont nous avons le droit et le devoir de ne pas tenir compte.

Mais je ne dois pas seulement vous faire connaître ma conviction personnelle ; mon devoir est de vous fournir un relevé impartial de l'état de nos connaissances concernant les connexions qui peuvent exister entre les éléments nerveux. Aussi, à côté des nombreux auteurs qui acceptent actuellement, comme un fait fondamental, l'absence d'anastomoses entre prolongements protoplasmatiques et cylindraxiles, c'est-à-dire l'indépendance anatomique des neurones, il y en a d'autres qui, se servant des mêmes méthodes de Golgi et de Ehrlich, prétendent avoir observé des anastomoses réelles soit entre prolongements protoplasmatiques, soit entre prolongements cylindraxiles, soit même des anastomoses entre prolongements cylindraxiles et protoplasmatiques.

Le partisan le plus convaincu de l'existence d'anastomoses entre prolongements protoplasmatiques et entre prolongements cylindraxiles est, sans conteste, Dogiel (3), professeur d'histologie à l'Université de St-Pétersbourg. Dogiel a publié une série de travaux sur l'organisation interne de la rétine en se servant de la

méthode au bleu de méthylène et il est arrivé à la conclusion que toutes les cellules nerveuses de la rétine qui, par leur forme, leur volume, le mode de ramification de leurs prolongements protoplasmatiques et cylindraxiles, l'épaisseur et la longueur de leurs prolongements, dans certains cas même par leur situation, appartiennent à un même type, que toutes ces cellules se réunissent ensemble de façon à former des colonies, indépendantes des colonies semblables formées par des cellules appartenant à un autre type.

L'union entre cellules d'une même colonie se fait par les prolongements protoplasmatiques et par les prolongements cylindraxiles. Les prolongements protoplasmatiques, après s'être divisés et subdivisés, se résolvent en un nombre plus ou moins grand de fibrilles qui s'anastomosent les unes avec les autres de manière à former un réseau. Outre cette union indirecte entre cellules d'une même colonie par l'intermédiaire d'un réseau nerveux, il existerait encore, d'aprés Dogiel, des anastomoses directes par la fusion intime de gros prolongements protoplasmatiques. Les prolongements cylindraxiles des cellules nerveuses d'un même type se comportent comme les prolongements protoplasmatiques : eux aussi, après s'être divisés et subdivisés se résolvent en fibrilles qui s'unissent les unes aux autres de manière à former un réseau.

Il existe donc entre cellules d'une même colonie une double connexion : l'une s'établit par un réseau formé par les anastomoses des prolongements protoplasmatiques et l'autre par un réseau formé par les prolongements cylindraxiles. Il n'y a donc pas de cellules nerveuses indépendantes ; il n'y a que des colonies de cellules indépendantes les unes des autres. Ces colonies cellulaires réagissent les unes sur les autres par le contact qui s'établit entre le réseau nerveux formé par les ramifications cylindraxiles de l'une et le réseau nerveux formé par les ramifications protoplasmatiques de l'autre. Dogiel admet donc à la fois et le réseau nerveux de Gerlach et le réseau nerveux de Golgi. Mais, pour lui, il n'y a pas un seul réseau protoplasmatique, ni un seul réseau cylindraxile ; il y a, au moins dans la rétine, autant de réseaux protoplasmatiques et cylindraxiles distincts qu'il y a de types de cellules nerveuses.

Ces anastomoses multiples entre prolongements protoplasmatiques et cylindraxiles admises par Dogiel n'ont pas été retrouvées par ceux qui, après ce savant, ont appliqué la méthode au bleu de méthylène à l'étude de la rétine des vertébrés. Ramon y Cajal (4), dans un grand nombre de travaux publiés sur la rétine, ne signale nulle part trace d'anastomoses. En étudiant plus récemment (5) avec le bleu de méthylène les cellules de la rétine, il a pu se convaincre que les anastomoses signalées par Dogiel étaient artificielles et dues à ce fait que l'exposition des pièces à l'air, nécessaire pour la coloration par la méthode de Ehrlich, détermine de graves altérations dans les prolongements protoplasmatiques. Kallius (6), qui a étudié la rétine des mammifères et qui a consacré une attention spéciale à rechercher les anastomoses décrites par Dogiel, déclare ne les avoir rencontrées qu'entre les prolongements ascendants des cellules bipolaires et encore dans *un seul cas* seulement. Toutes les autres cellules nerveuses sont indépendantes les unes des autres. Retzius (7) arrive à la même conclusion.

Bouin (8), qui a étudié sous la direction de Prenant et avec la méthode au bleu de méthylène la rétine de quelques mammifères dans le but de contrôler les assertions si contradictoires de Dogiel, Kallius, Masius, Lavdowsky qui admettent l'existence d'anastomoses et celles de Cajal, Kölliker, Van Gehuchten, His, v. Lenhossek, Retzius et beaucoup d'autres qui contestent leur existence, est arrivé à ce résultat que si à un faible grossissement les anastomoses paraissent incontestables, elles s'évanouissent cependant et se résolvent en fibrilles superposées chaque fois qu'on les examine avec des grossissements appropriés. Ces anastomoses n'existent même pas pour le seul cas où Kallius les a décrites et figurées, c'est-à-dire entre les prolongements ascendants des cellules bipolaires.

Il admet seulement l'existence d'anastomoses entre les prolongements de certaines cellules rétiniennes connues sous le nom de *spongioblastes*.

Renaut (9) a étudié avec le bleu de méthylène la rétine du lapin et du cochon d'Inde. Il pense que les colorations obtenues par le bleu de méthylène sont plus complètes que les imprégnations par le chromate d'argent. Il a observé la continuation de certains prolongements protoplasmatiques d'une cellule munie d'un cylindre-axe avec les prolongements d'un spongioblaste ou cellule amacrine. Il n'a pas retrouvé les anastomoses entre prolongements cylindraxiles décrites par Dogiel.

« La doctrine des terminaisons toujours libres ne me paraît pas exacte dans sa rigueur, conclut-il, mais je pense que Dogiel est allé trop loin en admettant que, sur un très grand nombre de points, les cellules nerveuses forment des réseaux par la continuité de leurs prolongements protoplasmatiques respectifs. L'emmêlement inextricable donne, il est vrai, l'apparence d'un réseau. En y regardant de près, on voit qu'il s'agit de *croisements au contact,* d'appuis, pareils à ceux que prennent sur les corps cellulaires les fibres névrogliques. L'articulation se fera donc, dans l'immense majorité des cas, par des appuis adhésifs ou par de simples accolements. Dans d'autres cas moins nombreux, m'a-t-il semblé, il y aura continuité de substance ».

En résumé donc et pour ce qui concerne les cellules nerveuses de la *rétine*, d'après les recherches de Dogiel, les anastomoses seraient la règle non seulement entre les prolongements protoplasmatiques de toutes les cellules nerveuses appartenant au même type, mais encore entre les prolongements cylindraxiles de ces mêmes cellules nerveuses. Pour Cajal les anastomoses n'existent pas dans la rétine. Kallius, Bouin et Renaut défendent une opinion mixte : les anastomoses ne sont de loin pas si fréquentes que Dogiel veut bien le prétendre, mais elles existent cependant en quelques endroits. Kallius ne les admet qu'entre les prolongements ascendants des cellules bipolaires, Bouin ne les a observées qu'entre les prolongements des spongioblastes. Pour Renaut enfin elles n'existent qu'entre certains prolongements protoplasmatiques d'une cellule pourvue d'un cylindre-axe et les prolongements des spongioblastes.

Des anastomoses entre cellules nerveuses ont encore été signalées dans le système nerveux central et entre les terminaisons des fibres périphériques.

Masius (10), dans ses recherches faites avec la méthode de Golgi sur la

moelle épinière de jeunes lapins, a décrit des anastomoses non seulement entre les prolongements protoplasmatiques et entre les prolongements cylindraxiles, mais même des anastomoses de prolongements cylindraxiles avec des prolongements protoplasmatiques. Les figures qui accompagnent le travail de Masius semblent prouver qu'il n'a eu sous les yeux que des imprégnations incomplètes. Ces observations n'ont jusqu'ici pas été confirmées.

L. Sala (11) a décrit, dans le système nerveux central des téléostéens, un réseau nerveux très complexe donnant origine aux fibres commissurales du toit optique. Dans les recherches très étendues que nous avons faites nous-même (12) sur les diverses parties du système nerveux de la truite et dont une partie seulement a été publiée jusqu'ici, nous n'avons jamais rencontré d'anastomoses véritables.

Ballowitz (13) admet l'existence de véritables anastomoses entre les fibres nerveuses de la peau des poissons, anastomoses qui n'ont pas été retrouvées par Retzius dans ses recherches sur les nerfs de la peau chez le Petromyzon. De plus, Ballowitz admet que de ce réseau sous-cutané partent des fibrilles nerveuses destinées aux chromatophores. Le plus grand nombre de ces fibrilles se terminent librement soit sur la face externe, soit dans l'intérieur même du corps cellulaire du chromatophore. Quelques-unes de ces fibrilles cependant s'anastomoseraient avec des fibrilles voisines de manière à former un réseau à mailles fermées. Ces mêmes anastomoses existent, d'après Ballowitz, dans l'organe électrique de certains poissons. Ogneff (14), a étudié tout récemment avec la méthode de Golgi l'organe électrique de la torpille et d'autres poissons ; il arrive à la conclusion que chez l'embryon il n'existe que des terminaisons nerveuses libres sans aucune trace d'anastomoses. Il en est de même chez les animaux nouveau-nés chez lesquels l'organe électrique est cependant complètement développé. Chez l'adulte, il a observé quelques rares anastomoses entre les ramifications terminales provenant d'une même fibre nerveuse ; jamais entre les ramifications appartenant à des fibres différentes. Le nombre de ces anastomoses est cependant trop faible pour que l'on puisse affirmer que les dispositions des fibres nerveuses y sont autres que chez l'embryon. Aussi conclut-il de ses recherches que, contrairement à l'opinion de Ballowitz, les fibres nerveuses se terminent librement dans tous les organes électriques. Eberth et Bunge (15) prétendent également avoir observé des anastomoses entre les fibrilles nerveuses destinées aux chromatophores dans la peau des poissons. Ces observations demandent confirmation.

Un ancien ami d'Université, actuellement mon collègue de l'Université de Gand, J.-F. Heymans (16) a publié, en collaboration avec Demoor, un travail très étendu sur les fibres nerveuses du cœur chez un grand nombre de vertébres ; il arrive à la conclusion que les fibres qui pénètrent dans le myocarde s'anastomosent les unes avec les autres de façon à former un véritable réseau.

L'étude attentive que nous avons faite (17) du travail de Heymans et Demoor nous a donné la conviction que la conclusion que ces auteurs ont formulée concernant les anastomoses entre fibres nerveuses ne repose sur aucun fait indiscutable.

En se servant de la méthode au bleu de méthylène JACQUES (18) a décrit des cellules anastomosées dans la paroi des vaisseaux. RINA MONTI (19) et HOLMGREN (20) signalent leur existence dans le tissu sous-épithélial de la peau des insectes et de certains crustacés. BETHE (21) admet que, chez ces derniers, les cellules nerveuses anastomosées appartiennent peut-être à un système spécial. Celui-ci, par la continuité des éléments qui le constituent, serait en quelque sorte en opposition anatomique et peut être aussi fonctionnelle avec le système formé de neurones indépendants.

CAJAL ne nie pas, d'une manière absolue, l'existence d'anastomoses, dans certains cas déterminés. A notre sens, dit-il, ces anastomoses font complètement défaut dans le système nerveux cérébro-spinal des vértébrés et dans la chaîne ganglionnaire des invertébrés. Elles existent cependant pour certains corpuscules nerveux d'ordre inférieur comme le sont, par exemple, les éléments fusiformes ou étoilés situés entre les acinis des glandes et dans les plexus cellulaires sous-épithéliaux de la muqueuse intestinale (22 et 23). Il s'agit là, probablement, d'après CAJAL (24), d'un type nerveux spécial destiné à régler la sécrétion des glandes de la peau ou des muqueuses.

Dans ces derniers temps, le fait de l'indépendance des éléments nerveux — que certains auteurs désignent tout-à-fait improprement sous le nom de *théorie des neurones* bien qu'il n'y ait pas de théorie en jeu — a été contesté encore par APATHY, BETHE, HELD et NISSL. Ces contestations ont été accueillies, parait-il, avec une joie sans égale par un certain nombre de neurologistes qui, prenant peut-être leurs désirs pour des réalités, parlent déjà « du coup mortel porté à la théorie des neurones ». Il est triste de constater, comment, depuis longtemps déjà, un certain nombre de savants, pénétrés d'une animosité inexplicable contre tout ce qui touche de loin ou de près à la méthode de GOLGI, se sont donné des peines inouïes pour pouvoir mettre en doute le fait de l'indépendance des neurones. Ils affirment hautement, souvent sans avoir fait des recherches personnelles, que les images obtenues, soit par la méthode de GOLGI, soit par la méthode de EHRLICH, sont incomplètes et que par delà des choses visibles dans le champ du microscope, parce qu'elles sont ou imprégnées par le chromate d'argent ou teintées par le bleu de méthylène, il y en a encore bien d'autres, beaucoup plus importantes, malheureusement invisibles, qui prouvent à ne pouvoir en douter la continuité réelle des éléments nerveux, l'existence incontestable d'un réseau réunissant les unes aux autres toutes les cellules nerveuses.

Nous n'avons pas à insister sur tout ce qu'un pareil procédé renferme de profondément antiscientifique. Pour nous, qui ne cherchons

que la vérité quelle qu'elle soit et d'où quelle puisse venir, nous ne demandons qu'une seule chose, c'est que les affirmations nouvelles soient basées sur des faits d'observation tout au moins aussi précis que ceux qui ont servi de base à la doctrine des neurones. Et si par des faits indiscutables on parvient à démontrer que, en réalité, les cellules nerveuses ne sont pas indépendantes les unes des autres ; que, en règle générale, les cellules s'anastomosent entre elles ; que la transmission des ébranlements nerveux se fait donc par continuité de substance à travers tout le névraxe, nous abandonnerons la doctrine des neurones, nous renoncerons et au mot et à l'idée pour défendre avec la même énergie les idées nouvelles. C'est assez dire que nous agissons dans cette question sans aucun parti-pris. Mais aussi longtemps que cette démonstration n'aura pas été fournie, nous nous croyons en droit de défendre un fait qui, dans l'état actuel de la science, nous paraît être l'expression sincère et complète de la réalité.

Voyons donc en quoi consistent ces faits nouveaux signalés par APATHY, BETHE, HELD et NISSL. Et pour qu'on ne puisse pas nous taxer de partialité, nous nous ferons un devoir de rendre cet exposé aussi complet que possible.

Théorie de Apathy. APATHY (25) a étudié, avec de nouvelles méthodes de coloration, surtout le système nerveux des hirudinées et des lombrics. Il est parvenu à mettre en évidence, avec une netteté sans égale disent tous ceux qui ont eu l'occasion d'examiner ses préparations, les fibrilles du cylindre-axe des fibres nerveuses. Nous avons vu plus haut que APATHY donne à ces fibrilles le nom de *neurofibrilles*, qu'il considère chacune d'elles comme une unité anatomique indépendante des fibrilles voisines et comme formée par la réunion d'un nombre plus ou moins considérable de fibrilles plus fines, les *fibrilles élémentaires*, impossibles à mettre en évidence avec nos moyens actuels d'investigation.

D'où viennent ces neurofibrilles ? APATHY admet que, dans le système nerveux, il y a deux espèces de cellules nettement différentes : les *cellules nerveuses* et les *cellules ganglionnaires*. Les cellules nerveuses produisent *ce qui conduit :* les neurofibrilles ; les cellules ganglionnaires produisent *ce qui doit être conduit* : le tonus nerveux. La cellule nerveuse a une structure complètement analogue à celle de la cellule musculaire. Elle produit de la substance conductrice (les neurofibrilles) de la même manière que la cellule musculaire produit de la substance contractile (les myofibrilles).

Les neurofibrilles s'accroissent par leurs deux extrémités en parcourant des voies préexistantes : du côté du centre elles pénètrent dans les cellules ganglionnaires ; du côté de la périphérie, dans les cellules sensorielles, les cellules musculaires, etc.

Ces fibrilles peuvent être divisées en deux groupes : les *fibrilles sensitives*, *f. s.*, excessivement fines, généralement réunies en faisceaux plus ou moins compacts et les *fibrilles motrices*, *f. m.*, beaucoup plus épaisses, existant seules ou en très petit nombre dans une fibre nerveuse.

Les fibrilles motrices proviennent directement des cellules ganglionnaires.

Les faisceaux de fibrilles sensitives, arrivés dans les ganglions nerveux, s'y comportent de deux façons, FIG. 152 :

1°) Quelquefois ces faisceaux pénètrent directement dans les cellules ganglionnaires. Dans ces cas, les fibrilles sensitives parcourent la zone périphérique du prolongement unique de la cellule et arrivent ainsi dans le corps cellulaire. Là, ces fibrilles primitives se résolvent en fibrilles élémentaires ; celles-ci vont s'anamostoser les unes avec les autres et donner naissance à un réseau nerveux intracellulaire pouvant occuper une zone plus ou moins grande du protoplasme de la cellule correspondante. Dans certaines cellules, ce réseau nerveux n'occupe que la couche périphérique du corps cellulaire ; le prolongement unique de ces cellules nerveuses n'est parcouru que par des fibrilles très fines. Ce sont les *cellules sensitives* (FIG. 152, *c. gg. s.*). Dans d'autres cellules les fibrilles sensitives forment également un réseau nerveux dans la zône périphérique ; mais de ce réseau sortent des fibrilles qui se rendent en rayonnant vers un réseau nerveux central formé de fibrilles plus grosses; celles-ci à leur tour se réunissent en une fibrille primitive beaucoup plus épaisse qui parcourt le centre du prolongement unique et peut se poursuivre jusque dans une fibre motrice. Le prolongement unique de ces cellules nerveuses est donc parcouru à la fois par des fibrilles très fines périphériques et par une fibrille centrale plus grosse. Ce sont les *cellules motrices*, FIG. 152, *c. gg. m.*

2° Les fibrilles sensitives peuvent aussi, à leur entrée dans un ganglion, ne pas se rendre dans les cellules ganglionnaires mais se résoudre directement en faisceaux plus petits de fibrilles élémentaires. Celles-ci vont s'anastomoser fréquemment avec des fibrilles voisines et constituer ainsi un réseau nerveux *extracellulaire* occupant toute l'étendue du ganglion. Ce *réseau nerveux diffus* de APATHY, *r. n. ext.*,

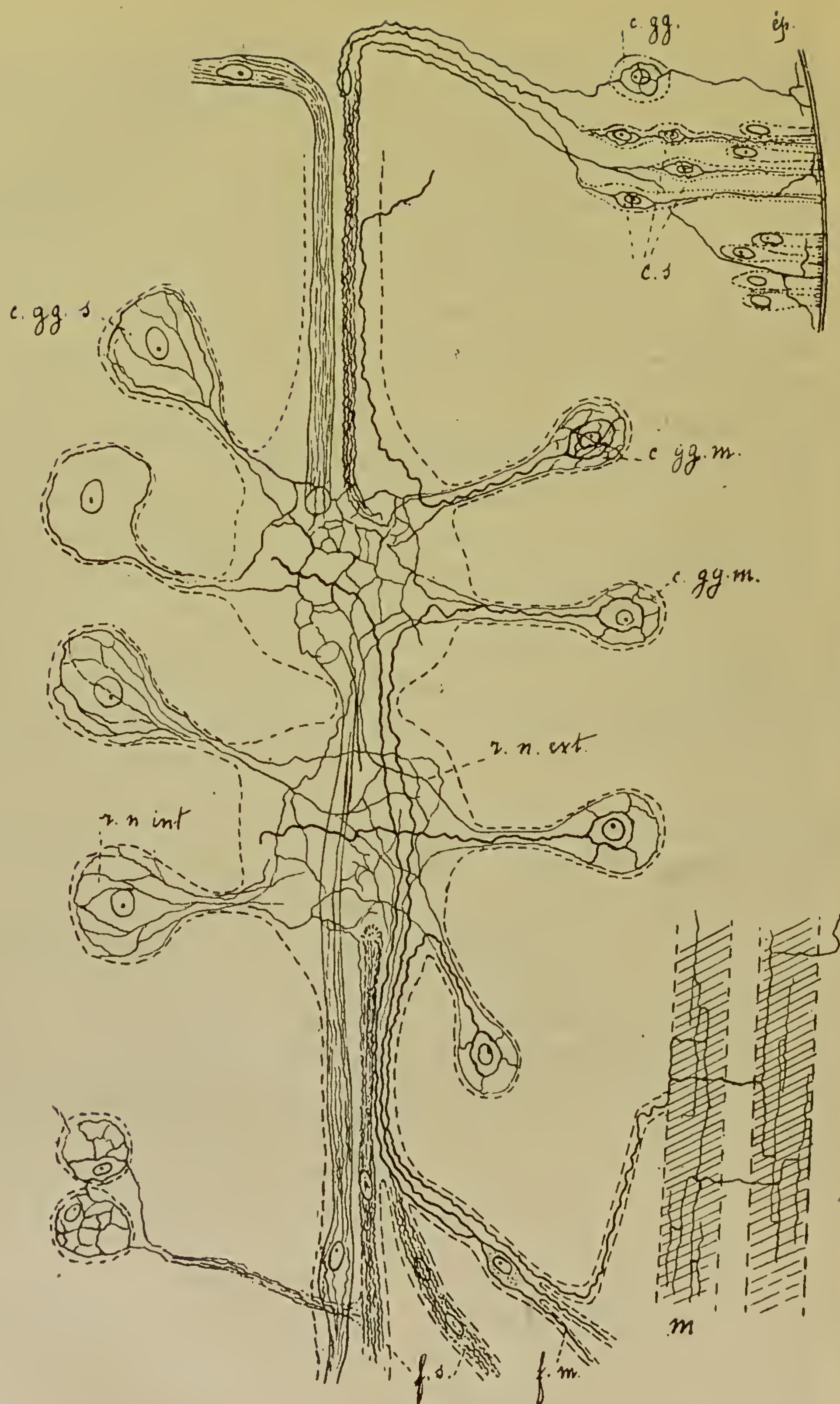


FIG. 152.
Représentation schématique du trajet et des connexions des neurofibrilles chez les hirudinées (d'après APATHY).

représenterait le réseau dont GERLACH a admis l'existence d'une façon hypothétique. De ce réseau diffus ou extracellulaire sortent des fibrilles primitives très fines qui se réunissent en fibrilles plus grosses. Celles-ci se rendent dans les cellules ganglionnaires pour y prendre part à la constitution du réseau intracellulaire, *r. n. int.* APATHY admet que les fibrilles minces, qui proviennent du réseau nerveux diffus ou extracellulaire et qui constituent la partie périphérique du réseau nerveux intracellulaire, sont sensitives ou centripètes et que la fibrille centrale plus épaisse, qui provient de la partie centrale du réseau nerveux intracellulaire, est motrice ou centrifuge.

Les fibrilles sensitives des nerfs périphériques, *f. s.*, entrent donc dans les ganglions nerveux pour se rendre dans les cellules ganglionnaires, soit directement, soit après avoir pris part à la constitution du réseau diffus. Ces fibrilles ne se terminent pas dans ces ganglions ; elles s'y continuent avec le réseau intracellulaire et, par celui-ci, avec les fibrilles motrices.

Les fibrilles motrices, *f. m.*, ne commencent pas dans les cellules ganglionnaires ; elles ne sont que la continuation des fibrilles sensitives après interposition du réseau nerveux.

Les cellules ganglionnaires sont simplement intercalées sur le trajet des fibrilles conductrices absolument comme les piles d'une batterie électrique se trouvent intercalées dans le réseau des fils télégraphiques.

Examinons maintenant la manière dont, suivant APATHY, ces fibrilles sensitives et motrices se comportent dans les organes périphériques.

Les fibrilles sensitives se rendent dans les cellules sensorielles soit directement, soit après avoir traversé une ou plusieurs cellules ganglionnaires, *c. gg.* Dans la cellule sensorielle elle-même, FIG. 152, *c. s.*, la fibrille sensitive se résout en fibrilles élémentaires formant réseau. De celui-ci sort une fibrille unique qui parcourt le prolongement périphérique de la cellule sensorielle jusque dans le voisinage immédiat de la cuticule ; là, une partie de ses fibrilles élémentaires quittent ce prolongement pour former des fibrilles primitives qui vont se ramifier entre les cellules épithéliales.

Un certain nombre de fibrilles sensitives se rendent directement entre les cellules épithéliales sans entrer en connexion avec une cellule sensorielle. Toutes ces fibrilles intraépithéliales s'anastomosent les unes avec les autres de manière à former réseau. Les fibrilles sen-

sitives ne se terminent donc nulle part. A leur extrémité périphérique elles sont unies les unes aux autres par le réseau nerveux intraépithélial. A leur extrémité centrale elles se résolvent dans le réseau nerveux extra- et intracellulaire et, par là, se continuent avec les autres fibrilles sensitives et avec les fibrilles motrices.

Les fibrilles motrices se comportent d'une façon identique. A leur extrémité centrale elles se continuent avec les fibrilles sensitives par l'intermédiaire du réseau nerveux intracellulaire. A leur extrémité périphérique, elles ne se terminent pas au niveau de la plaque motrice, mais pénètrent dans les cellules musculaires, s'y divisent un certain nombre de fois, puis sortent de ces cellules pour s'anastomoser avec les fibrilles voisines et donner ainsi naissance à un réseau moteur intercellulaire. APATHY admet une innervation analogue pour les cellules à cils vibratiles. Une neurofibrille entrerait dans chacune de ces cellules, s'y diviserait en un cône de fibrilles élémentaires de nature nerveuse allant se terminer par des bouts épaissis dans la cuticule, entre la base des différents cils. Ces bouts épaissis sont unis les uns aux autres et forment réseau.

Les fibrilles nerveuses, qu'elles soient sensitives ou motrices, forment donc, d'après APATHY, des voies conductrices continues : « Chez l'adulte, dit-il, les voies nerveuses ne se terminent nulle part; les fibrilles primitives et les fibrilles élémentaires se continuent les unes avec les autres aussi bien à la périphérie que dans les centres par l'interposition d'un réseau nerveux, absolument comme les voies sanguines artérielles se continuent avec les voies veineuses par l'intermédiaire d'un réseau capillaire ».

Cette même structure se retrouverait dans le système nerveux des vertébrés. APATHY a examiné à cet effet les cellules de la moelle épinière et de la moelle allongée d'un poisson *(Lophius)*, d'un batracien *(Triton)* et d'un mammifère *(Bos)*.

Il admet que les fibrilles sensitives arrivent dans le corps cellulaire par les prolongements protoplasmatiques, qu'elles s'y résolvent en fibrilles élémentaires qui, en s'anastomosant les unes avec les autres, forment un réseau de neurofibrilles occupant toute l'étendue du somatoplasme. Au sortir de ce réseau les fibrilles élémentaires se réunissent de nouveau en neurofibrilles qui vont devenir les fibrilles constitutives du prolongement cylindraxile de la cellule nerveuse.

Il nous est difficile de nous former une opinion personnelle sur ces faits étranges décrits par APATHY. Ce qui nous rend quelque peu scep-

tique, c'est que le seul critérium sur lequel Apathy se base pour admettre la nature nerveuse de tous les éléments qu'il a en vue est la teinte plus ou moins identique que prennent tous ces éléments sous l'influence de certains réactifs colorants. Il en arrive ainsi à admettre, pour les cellules à cils vibratiles par exemple, une telle richesse de fibrilles nerveuses intracellulaires que, si ces fibrilles existaient en réalité, les organes pourvus d'un épithélium vibratile seraient les plus richement innervés de tout l'organisme. Le plus simple et le plus prudent croyons-nous, c'est de s'abstenir pour le moment de toute appréciation et d'attendre les résultats des recherches que d'autres auteurs ne manqueront pas de faire avec les méthodes préconisées par Apathy. C'est assez dire que la publication de Apathy ne nous paraît pas de nature à renverser la doctrine des neurones. Held (26) vient d'ailleurs d'annoncer que, de ses recherches sur le système nerveux des hirudinées, il résulte que les réseaux des neurofibrilles décrits par Apathy ne sont pas de nature nerveuse. Apathy aurait pris pour des éléments nerveux de simples éléments neurogliques.

Théorie de Held. D'après Held (26), le protoplasme des cellules nerveuses présente une partie organisée, plus ou moins réticulée : le *cytospongium* plongeant dans une masse fondamentale ; celle-ci renferme de nombreuses granulations que, par certains procédés de coloration et de différentiation non encore publiés, on peut parvenir à colorer d'une façon exclusive. Held les désigne sous le nom de *neurosomes*. Ces deux parties du protoplasme des cellules nerveuses existent également dans le prolongement cylindraxile: le cytospongium forme ici les fibrilles longitudinales unies entre elles par des trabécules transversales, il prend le nom d'*axospongium ;* les granulations interposées gardent le nom de *neurosomes*.

Ces neurosomes sont surtout abondants dans les ramifications terminales du prolongement cylindraxile, contrairement aux ramifications terminales des prolongements protoplasmatiques qui n'en renferment guère. Ces circonstances permettraient, d'après Held, d'étudier la façon spéciale dont les dernières ramifications cylindraxiles se comportent par rapport au corps cellulaire et aux prolongements protoplasmatiques.

Held conclut de ses recherches que la surface du corps de chaque cellule nerveuse et des prolongements protoplasmatiques qui en dépendent est enveloppée d'une masse ou d'une couche granuleuse, formée de neurosomes appartenant aux ramifications terminales d'un

ou de plusieurs prolongements cylindraxiles. Cette masse granuleuse, avec les ramifications cylindraxiles auxquelles elle appartient, forme une espèce de manteau nerveux : la surface cylindraxile terminale (Axencylinderendfläche) enveloppant complètement le corps de la cellule nerveuse (manteau péricellulaire) et toute l'étendue des prolongements protoplasmatiques (manteau péridendritique). Ce manteau nerveux est, dans quelques rares cas, formé par les ramifications terminales d'un seul prolongement cylindraxile ; le plus souvent cependant, un grand nombre de ces prolongements prennent part à sa constitution. Ces ramifications cylindraxiles terminales ne s'entrelacent pas uniquement les unes dans les autres de manière à former plexus ; elles s'anastomosent les unes avec les autres de manière à constituer un véritable réseau. Par ce réseau cylindraxile un grand nombre de cellules nerveuses se continuent directement les unes avec les autres.

De plus, de ce réseau péricellulaire et péridendritique partent des prolongements qui s'appliquent sur le corps cellulaire et sur les prolongements protoplasmatiques de la cellule enveloppée et là se continuent directement (par concrescence) avec le protoplasme de cette dernière. Il y aurait donc encore continuité entre les ramifications cylindraxiles d'un neurone et le protoplasme d'un autre neurone avec lequel le premier entre en connexion.

Par ce réseau nerveux terminal péricellulaire l'ébranlement nerveux, amené par un prolongement cylindraxile, peut se transmettre ou bien au corps cellulaire enveloppé par ce réseau, ou bien aux autres prolongements cylindraxiles qui entrent dans sa constitution. Tout dépend, d'après Held, des conditions de transmission plus ou moins favorables que présentent à un moment donné le réseau péricellulaire et les cylindre-axes qui y aboutissent d'une part et le protoplasme de la cellule nerveuse d'autre part. Held s'appuie sur ce fait pour combattre la théorie de la polarisation dynamique des éléments nerveux et pour admettre la conduction dans les deux sens dans tous les prolongements qui dépendent d'une cellule nerveuse.

A la suite de la publication de ce travail de Held, Auerbach (27) a fait remarquer que, déjà en 1896, il a affirmé, en se basant sur un nouveau procédé de coloration, que dans toutes les régions du névraxe les cellules nerveuses ainsi que leurs dendrites sont entourées d'un lacis de fibrilles. A la suite du travail de Held, il incline à admettre l'existence d'un véritable réseau péricellulaire. De ce

réseau partent un nombre considérable de boutons terminaux allant s'appliquer sur la surface du corps cellulaire et des dendrites qui en proviennent. Mais, contrairement à l'opinion de HELD, ces boutons terminaux ne se continuent pas avec le protoplasme cellulaire; il n'y a donc pas continuité de substance : la transmission des ébranlements nerveux se fait par contact.

Il est difficile de juger à sa juste valeur les observations sur lesquelles HELD s'appuie pour défendre sa thèse, d'autant plus que les méthodes de coloration dont il s'est servi n'ont pas été publiées. Il convient toutefois de faire remarquer que le réseau péricellulaire, décrit par HELD autour des cellules nerveuses du noyau de DEITERS et du noyau ventral de l'acoustique, a été observé également par LA VILLA (28), un élève de CAJAL, autour des cellules de l'olive supérieure accessoire du chat et que, pour cet auteur, il s'agit uniquement d'un entrelacement compact et serré de fibrilles indépendantes.

SEMI MEYER (29) prétend avoir coloré, avec le bleu de méthylène, des plexus de fines fibrilles nerveuses autour du corps cellulaire et des prolongements protoplasmatiques qui en dépendent. Il fait ressortir, contrairement à l'opinion de HELD, que dans toutes les coupes qu'il a examinées, provenant des diverses parties du névraxe de près de cent animaux injectés par le bleu de méthylène, il n'a pas vu une seule anastomose.

APATHY (30) certifie d'ailleurs que les ramifications cylindraxiles péricellulaires décrites par HELD n'ont rien de commun avec le cylindre-axe et que les neurosomes du même auteur ne sont pas de nature nerveuse. Les premières ne représentent, d'après APATHY, qu'un réseau neuroglique (*Gliagitter*) se continuant du prolongement cylindraxile sur le corps cellulaire et les prolongements protoplasmatiques. Quant aux neurosomes, ce sont des granulations comme on peut en rencontrer dans le somatoplasme de toutes les cellules. Leur nature chimique peut être spéciale ; mais au point de vue morphologique elles n'offrent rien de caractéristique.

Théorie de Bethe. BETHE (31) a étudié, avec des nouvelles méthodes de coloration, le système nerveux des crustacés *(Carcinus Maenas)*. Il admet également l'existence d'un réseau nerveux unissant entre elles toutes les cellules nerveuses. Les dernières ramifications des prolongements protoplasmatiques et cylindraxiles des cellules nerveuses s'anastomosent, dit BETHE, les unes avec les autres en formant

réseau. Cette union est tellement intime qu'il est impossible de dire ce qui, dans ce réseau, appartient à un neurone et ce qui appartient à un autre neurone.

Les fibrilles primitives des nerfs récepteurs ou sensibles, arrivées dans les ganglions nerveux, se résolvent en fibrilles élémentaires qui se perdent dans le réseau nerveux. Par ce réseau, ces fibrilles sensibles peuvent se continuer directement avec des fibrilles motrices sans passer par le corps d'une cellule nerveuse. Les fibrilles que l'on observe, à un moment donné, dans les prolongements protoplasmatiques ou cylindraxiles ne sont pas toutes en connexion directe avec le corps cellulaire : quelques-unes seulement d'entre elles peuvent se poursuivre jusque dans la masse centrale de protoplasme; le plus grand nombre, au contraire, de ces fibrilles passent d'un prolongement dans l'autre et d'un neurone dans l'autre sans jamais passer par le corps même de la cellule nerveuse. Il s'en suit que, au fond, tous les éléments du système nerveux sont en continuité les uns avec les autres.

Par là tombe, dit BETHE, le concept du neurone comme une unité nerveuse, existant pour son compte, indépendamment des autres éléments nerveux. La théorie des neurones n'a été admise que parce que la méthode de GOLGI nous a montré l'absence de ces larges anastomoses entre prolongements protoplasmatiques admises dans le temps. Mais cette méthode ne donne que des images incomplètes; elle ne met en évidence que l'enveloppe extérieure de la substance conductrice et pas cette substance elle-même. Les résultats obtenus par la méthode au chromate d'argent doivent être corrigés par ceux fournis par les méthodes de APATHY et de BETHE : la théorie des neurones doit de nouveau céder le pas à la théorie de la continuité.

C'est là en quelque sorte la partie théorique des affirmations de BETHE. Si nous recherchons maintenant les faits d'observation sur lesquels ces conclusions s'appuient, nous voyons que BETHE n'a jamais vu une anastomose réelle entre fibrilles nerveuses appartenant à des neurones différents. « Je n'ai jamais observé, dit-il, une continuité directe entre les plus fines fibrilles de deux neurones ». — « Les fibrilles sensitives de *Carcinus* entrent dans le ganglion, dit-il encore, s'y divisent pour prendre part à la constitution du neuropile et *semblent* former un réseau sans qu'on puisse l'établir en toute certitude ». — « Chez la sangsue *je crois avoir pu me convaincre, pour*

différents motifs, que je ferai connaître plus tard, qu'une continuité entre les fibrilles primitives de différents neurones, telle qu'elle est admise par APATHY, existe en réalité ». La continuité réelle entre fibrilles appartenant à des neurones différents n'a donc pas été observée par BETHE ainsi qu'il le déclare lui-même. Aussi est-on un peu surpris, en présence de cette absence complète de preuves, de voir BETHE conclure : Je me crois donc en droit d'admettre, non seulement chez les crustacés (qu'il a étudiés), *mais chez tous les animaux*, une continuité entre les éléments nerveux, le réseau élémentaire (*Elementargitter*) de APATHY unissant entre elles toutes les cellules nerveuses.

Cette affirmation de BETHE ne repose sur aucun fait précis et ne doit être admise que comme une simple hypothèse.

Entre les observations de APATHY et celles de BETHE il semble exister, au premier abord, une opposition fondamentale. Nous avons vu, en effet, que, d'après APATHY, les fibrilles sensitives entrent seules dans la constitution du réseau nerveux extracellulaire ou neuropile, tandis que les fibrilles motrices dépendent des cellules ganglionnaires et proviennent du réseau nerveux intracellulaire. Celui-ci semble donc avoir plus d'importance que l'autre. Pour BETHE, au contraire, le neuropile est formé à la fois par les fibres sensitives et par les fibres motrices. Les fibres motrices sont même complètement indépendantes des cellules ganglionnaires et proviennent toujours directement du réseau nerveux extracellulaire ou réseau élémentaire. Ce dernier réseau semble donc l'emporter en importance.

Pour BETHE cette différence tient uniquement au degré de différentiation du système nerveux que l'on examine. Pour ce savant, en effet, au fur et à mesure que la différentiation du système nerveux augmente, les relations topographiques entre les cellules ganglionnaires et les fibrilles se modifient de telle façon que les fibrilles, avec les réseaux qu'elles constituent, s'emancipent de plus en plus des cellules ganglionnaires.

Dans les formes primitives du système nerveux, il n'y aurait pas de neuropile parce qu'il n'y a pas de voies nerveuses, mais toutes les cellules sont anastomosées directement par leurs gros troncs protoplasmatiques. Les fibrilles primitives traversent ces ponts intercellulaires de nature protoplasmatique et forment réseau dans l'intérieur même des cellules nerveuses.

Chez les hirudinées et les vers il y a, au contraire, des voies ner-

veuses ; aussi à côté du réseau intracellulaire trouve-t-on un réseau nerveux extracellulaire, le neuropile, unissant toutes ces cellules les unes aux autres. Les fibres sensitives entrent dans ce réseau extracellulaire. Les fibres motrices proviennent du réseau intracellulaire.

Chez les arthropodes, la différentiation du système nerveux est plus accentuée. Ici le neuropile l'emporte en importance sur les cellules ganglionnaires. Une partie seulement des fibrilles se rendent dans les cellules ganglionnaires pour y former réseau ; la plus grande partie des fibrilles évitent les cellules pour se rendre directement dans le neuropile. C'est de ce neuropile que sortent toutes les fibrilles motrices.

Chez les vertébrés maintenant, les dispositions sont tout autres : les cellules ganglionnaires se trouvent dans le neuropile (chez les animaux inférieurs les cellules existent à la périphérie des ganglions tandis que le neuropile forme à lui seul toute la masse centrale). Ces cellules sont multipolaires. Le déplacement du réseau *hors* des cellules est plus accentué encore que chez les arthropodes. Les fibrilles traversent les cellules nerveuses, mais sans s'y diviser et sans y former réseau. La cellule nerveuse sert simplement de voie de passage. D'ailleurs le plus grand nombre des fibrilles ne passent pas même par les cellules nerveuses, mais serendent directement d'un prolongement protoplasmatique dans l'autre. Toutes ces fibrilles d'un neurone *doivent*, dit BETHE, être en continuité, en dehors des cellules, avec des fibrilles d'autres neurones dans le neuropile, c'est-à-dire dans le réseau nerveux extracellulaire ou réseau élémentaire de APATHY

Ce réseau nerveux extracellulaire ou neuropile, avec les fibrilles qui le constituent, forme la partie la plus importante des centres nerveux. D'abord situé à l'intérieur même des cellules nerveuses, on voit ce réseau quitter ces dernières au fur et à mesure que l'on monte dans l'échelle des êtres ; quand ce déplacement a été effectué, les cellules nerveuses perdent en quelque sorte toute importance au point de vue du fonctionnement du système nerveux, il ne leur reste plus à exercer qu'une action trophique. Aussi BETHE arrive-t-il à cette con-conclusion étrange, c'est qu'il n'y a plus de centres nerveux. Tout le système nerveux central se réduit à un réseau élémentaire dans lequel pénètrent de tous côtés des fibrilles centripètes et d'où sortent les fibrilles centrifuges, toutes ces fibrilles étant en continuité directe les unes avec les autres.

C'est là encore une fois le côté théorique du travail de BETHE

Et si nous nous demandons maintenant sur quels faits tout cela repose, nous voyons que la base même de ce système, c'est-à-dire l'existence du réseau élémentaire, est purement hypothétique. « L'existence du réseau élémentaire chez les vertébrés n'est pas prouvée, dit Bethe lui-même; *peut-être* se trouve-t-il caché dans un certain réticulum nettement mis en évidence par ma méthode de coloration. Ce réticulum est quelque peu diffus dans l'écorce cérébrale et dans le cervelet, mais pour la plupart des autres cellules du névraxe il se trouve limité à la surface des cellules ganglionnaires et des prolongements dentritiques et y forme un véritable réseau péricellulaire dont Bethe ignore absolument la valeur morphologique et fonctionnelle..

Nous avons déjà vu que l'existence d'un pareil réseau a été admise par Held, Auerbach et Meyer et que pour ces auteurs ce réseau était de nature cylindraxile. Bethe n'admet pas cette interprétation. « Mes préparations ne me permettent pas de dire si des cylindres-axes pénètrent en réalité dans ce réseau, dit-il; quelques-unes de mes préparations semblent même prouver le contraire. » Mais alors, si ce réseau péricellulaire ne renferme pas de fibrilles primitives, comment Bethe peut-il supposer que dans ce réseau se trouverait caché le neuropile ou réseau élémentaire des vertébrés : c'est-à-dire la partie fondamentale de tout système nerveux?

Les seuls faits anatomiques incontestables renfermés dans les travaux de Bethe se réduisent donc à la structure nettement fibrillaire des cylindres-axes des fibres nerveuses et du protoplasme des cellules nerveuses. Ces faits, quelque importants qu'ils soient, ne sont cependant pas suffisants en eux-mêmes pour ébranler la doctrine des neurones.

D'ailleurs pour ce qui concerne tout spécialement le réseau péricellulaire dont parle Bethe, il n'est pas sans intérêt de faire ressortir qu'un réseau analogue a déjà été décrit depuis bien longtemps par Golgi et son élève Martinotti. Dans ces derniers temps, Golgi (32) est parvenu à le mettre en évidence avec une netteté remarquable en se servant de la méthode au chromate d'argent légèrement modifiée. Ce savant le considère comme un réseau de neurokératine. Cajal (33) a fait ressortir tout récemment que, dans les coupes de l'écorce cérébrale colorées par la méthode de Ehrlich, il a vu depuis longtemps le réseau décrit par Bethe. Ce réseau est intracellulaire. Il ne représente rien d'autre que la partie périphérique du spongioplasme des cellules nerveuses chimiquement modifié.

Théorie de Nissl. NISSL (34) affirme que le système nerveux ne peut plus être considéré comme une agglomération d'éléments nerveux indépendants, et, s'appuyant sur les observations de APATHY, HELD et BETHE, il déclare la doctrine des neurones complètement fausse. Pour lui, le système nerveux est formé de cellules nerveuses et d'une substance nerveuse spécifique qui n'est pas le protoplasme même des cellules nerveuses, mais un protoplasme cellulaire *modifié*. Cette substance nerveuse existe en partie à l'intérieur même des cellules sous forme de fibrilles; elle prend cependant son plus grand développement en dehors des cellules où elle forme la masse principale de la substance grise.

Ce qui caractérise, d'après NISSL, la substance grise et ce qui nous permet de la distinguer de la substance blanche, ce n'est pas la présence des cellules nerveuses comme on l'a toujours cru jusqu'ici, mais bien la présence d'une substance spéciale, diffuse, granuleuse ou finement moléculaire dans laquelle sont englobées les cellules nerveuses et les cellules de neuroglie, les fibres myéliniques et les ramifications cylindraxiles. Cette substance spéciale fait complètement défaut dans la substance blanche.

Pour appuyer cette manière de voir, NISSL examine une coupe de l'écorce cérébrale colorée par le bleu de méthylène et il se demande ce qui peut bien exister entre les corps des cellules nerveuses. Il écarte successivement les cellules de neuroglie, les fibrilles de neuroglie, les fibres myéliniques et amyéliniques comme étant incapables de constituer cette énorme masse de substance dans laquelle se trouvent éparpillées les cellules nerveuses et il arrive à conclure que, en dehors de ces divers éléments, il doit exister une substance spéciale que l'on doit considérer comme un élément histologique particulier du tissu nerveux.

Il est bien vrai que la méthode au chromate d'argent démontre, de la façon la plus simple et la plus naturelle, que cette énorme masse de substance interposée entre les corps des cellules nerveuses (les seules parties des neurones que le bleu de méthylène met en évidence) est formée principalement par les prolongements protoplasmatiques richement ramifiés des cellules nerveuses. Mais NISSL n'aime pas la méthode de GOLGI. Il trouve que les cellules de l'écorce, colorées par la méthode de BETHE et étudiées sur des coupes dont l'épaisseur ne dépasse pas 10 microns, ne montrent pas cette abondance de ramifications. Il arrive ainsi à conclure que les ramifications dendritiques,

mises en évidence par le chromate d'argent, ne peuvent pas exister ; qu'elles ne peuvent pas être considérées comme représentant des divisions et des subdivisions des prolongements protoplasmatiques. Pour lui, une partie au moins de ces dendrites sont des ramifications cylindraxiles qui naissent dans la substance grise (c'est-à-dire la substance granuleuse spécifique de NISSL) pour se rendre dans les cellules nerveuses elles-mêmes.

Le système nerveux central est donc formé, d'après NISSL, de deux éléments : les cellules nerveuses et une substance nerveuse spécifique.

Quelle est l'origine de cette substance spécifique ? C'est ce que NISSL ignore. Peut-être le protoplasme de plusieurs neuroblastes se différentie-t-il complètement en substance nerveuse, dit-il, peut-être aussi cette différentiation ne survient-elle que lorsque le neuroblaste s'est déjà transformé en cellule nerveuse et qu'alors la substance nerveuse quitte les cellules.

Quelle est la structure de cette substance spécifique ? C'est ce que NISSL ignore également. Il admet bien, en se basant sur les recherches de BETHE, que *dans* les cellules nerveuses, cette substance a une structure fibrillaire. Mais il n'a fourni nulle part la preuve que les fibrilles intracellulaires colorées par BETHE appartenaient à la substance spécifique intercellulaire qu'il a en vue.

Pour la partie de la substance grise spécifique située *entre* les cellules, NISSL admet que, suivant les réactifs employés, cette substance est tantôt finement granuleuse ou moléculaire, tantôt à la fois granuleuse et fibrillaire, tantôt plus ou moins spongieuse, tantôt encore nettement réticulée.

Rapprochant alors les réseaux péricellulaires décrits par BETHE des réseaux cylindraxiles péricellulaires de HELD, il incline à admettre que ces réseaux appartiennent à sa substance grise spécifique et que celle-ci pourrait bien être, au point de vue anatomique, un réseau continu et très fin de fibrilles élémentaires unissant entre elles toutes les cellules nerveuses.

En somme, le travail de NISSL que nous venons d'analyser ne renferme que de pures hypothèses ne reposant sur aucun fait d'observation bien précis et c'est en se basant sur ces hypothèses que son auteur déclare avoir donné à la doctrine des neurones le coup mortel.

Le seul fait d'observation sur lequel NISSL a étayé sa doctrine concerne les réseaux péricellulaires décrits spécialement par HELD et BETHE. Quelle est la valeur de ces réseaux péricellulaires ?

Nous avons vu que HELD et AUERBACH les considèrent comme formés par des ramifications cylindraxiles anastomosées et MEYER comme des ramifications cylindraxiles indépendantes. APATHY, au contraire, leur attribue une nature neuroglique. BETHE ne se prononce pas sur la valeur de ces réseaux péricellulaires; il croit cependant que les cylindre-axes ne prennent pas part à leur constitution. GOLGI est d'avis qu'il s'agit là d'un réseau de neurokératine et CAJAL croit que ce réseau n'est rien d'autre que la partie périphérique, plus ou moins chimiquement modifiée, du spongioplasme de certaines cellules nerveuses.

Vous voyez, par l'examen impartial de ces différentes théories, que la doctrine des neurones reste debout malgré l'assaut qu'elle a eu à subir de divers côtés. Vous devez comprendre aussi, par l'exposé qui précède, combien il faut être prudent et réservé en présence de théories nouvelles et n'accueillir qu'avec beaucoup de scepticisme les affirmations des auteurs concernant l'existence d'anastomoses.

Les dessins qui accompagnent les travaux de APATHY ne sont que la reproduction fidèle de ses préparations, déclarent tous ceux qui ont eu l'occasion de les examiner. Il faut donc bien admettre que le *réseau intracellulaire* décrit par APATHY, non seulement chez les hirudinées et les vers mais aussi chez les vertébrés supérieurs, existe en réalité.

Les préparations de BETHE, de l'avis unanime de ceux qui les ont vues, sont admirables de clarté et de netteté, elles montrent les *fibrilles* des cellules nerveuses avec une netteté véritablement stupéfiante dit FLEMMING (35). Or, d'après BETHE, ces fibrilles ne font que traverser le corps cellulaire ; non seulement elles ne s'anastomosent pas entre elles, mais même elles ne se bifurquent pas pendant ce trajet intracellulaire. Comment concilier ces observations si profondément contradictoires ?

Nous maintiendrons donc, jusqu'à preuve du contraire, la rectitude de la doctrine des neurones. Ce qui, à nos yeux, constitue la meilleure preuve de la vérité de cette doctrine, ce n'est pas ce fait *embryologique* que, pendant les premiers temps du développement, les éléments nerveux sont indépendants les uns des autres ; car certains auteurs prétendent que la concrescence des éléments nerveux ne s'achève qu'à la fin du développement.

Ce n'est pas non plus ce fait *anatomique* qu'on ne voit pas des anastomoses avec les méthodes de GOLGI et de EHRLICH ; car il y a des auteurs qui vous répondront que ces méthodes n'imprègnent pas

complètement les éléments nerveux, que l'indépendance constatée n'est donc qu'apparente puisqu'elle n'est que le résultat de l'imperfection de nos méthodes.

C'est un fait *anatomo-pathologique* dont personne ne conteste l'exactitude. Quand le cylindre-axe d'un neurone se trouve interrompu en un point quelconque de son trajet, nous voyons la dégénérescence wallérienne envahir son bout périphérique. Nous voyons la réaction de NISSL, sur laquelle nous reviendrons plus loin, surgir dans sa cellule d'origine et, dans certaines circonstances même, nous verrons cette cellule avec ses prolongements protoplasmatiques et le bout central du cylindre-axe s'atrophier et disparaître. Or, cette dégénérescence wallérienne du bout périphérique, cette réaction cellulaire avec l'atrophie consécutive du corps cellulaire et du bout central de l'axone s'arrête précisément là où la méthode de GOLGI et la méthode de EHRLICH nous montrent les limites du neurone. S'il y avait, en réalité, anastomoses d'une part entre les ramifications cylindraxiles terminales de différents neurones, d'autre part entre les ramifications protoplasmatiques de divers corps cellulaires, pourquoi la dégénérescence d'un côté et l'atrophie de l'autre n'envahiraient-elles pas les éléments nerveux voisins ?

Littérature.

(1) CAJAL : *Sur la structure de l'écorce cérébrale de quelques mammifères.* La Cellule, t. VII, 1892. — (2) RETZIUS : *Die Cajal'schen Zellen der Grosshirnrinde beim Menschen und bei Säugethieren.* Biolog. Unters., Bd. V, 1893. — (3) DOGIEL : *Die Retina der Ganoiden.* Archiv f. mikr. Anat., Bd XXII. 1883. — *Ueber die Retina des Menschen.* Intern. Monatschr., Bd. I, 1884. — *Ueber das Verhalten der nervösen Elemente in der Retina der Ganoiden, Reptilien, Vögel und Säugethiere.* Anatom. Anz., 1888. — *Ueber die nervösen Elemente in der Netzhaut der Amphibien und Vögel.* Anatom. Anz., 1888. — *Ueber die nervösen Elemente in der Retina des Menschen.* I Mittheilung, Archiv. f. mikr. Anat., Bd, XXXVIII, 1891. — II Mittheilung, Ibid., Bd. XXXX, 1892. — *Zur Frage über den Bau der Nervenzellen und über das Verhältnis ihres Achsencylinder- (Nerven-) Fortsatz zu den Protoplasmafortsätzen,* Archiv. f. mikr. Anat., Bd. XXXXI, 1893. — *Zur Frage über das Verhalten der Nervenzellen zu einander.* Archiv f. Anat. und Phys., Anat. Abth., 1893. — *Die Retina der Vögel.* Archiv f. mikr. Anat., Bd. XLIV, 1895. — *Ein besonderen Typus von Nervenzellen in der mittleren gangliösen Schicht der Vogel-Retina.* Anatomischer Anzeiger, 1895. — *Die Struktur der Nervenzellen der Retina.* Arch. f. mikr. Anat., Bd. 46. — (4) RAMON Y CAJAL : *Estructura de la retina de las aves.* Revista trim. de histologia, 1888. — *Sur la morphologie et la connexion des éléments de la rétine des oiseaux.* Anato-

mischer Anzeiger, 1889. — *Notas preventivas sobre la retina y gran sempatico de los mamiferos.* Barcelone, 10 Déc. 1891. — *La retina de los Teleosteos y alcunas observaciones sobre la de los vertebrados superiores.* Madrid, 1892. — *Nuevo concepto de la Histologia de los centros nerviosos*, 1892. — *La rétine des vertébrés.* La Cellule, t. IX, 1er fasc., 1893. — Paquenas contribuciones al conoqimiento del sistema nervoso. III. *La retina de los bactracios y reptiles.* Août 1891. — (5) RAMON Y CAJAL : *Nouvelles contributions à l'étude histologique de la rétine et à la question des anastomoses des prolongements protoplasmatiques.* Journal de l'anatomie et de la physiologie. 1896. — (6) KALLIUS : *Untersuchungen über die Netzhaut der Säugethiere.* Anatomische Heften, 1894, p. 592. — (7) RETZIUS : *Ueber die neuen Prinzipien in der Lehre von der Einrichtung des sensiblen Nervensystems.* Biolog. Unters., Bd. IV. 1892. — (8) BOUIN : *Sur les connexions des dendrites des cellules ganglionnaires dans la rétine.* Bibliographie anatomique, 1894, pp. 110-117. — (9) RENAUT : *Sur les cellules nerveuses multipolaires et la théorie du neurone de Waldeyer.* Bulletin de l'Académie de médecine, Paris, 1895. — (10) J. MASIUS : *Etude sur la fine anatomie de la moelle épinière.* Bull. de l'Acad. royale des Sciences de Belgique, 1891, pp. 13-19. — *Recherches sur le système nerveux central.* Archives de Biologie, t. XII, 1892. — (11) L. SALA : *Sulla fina struttura del Torus longitudinalis nel cervello dei teleostei.* Atti della Accad. delle Scienze med. e. nat. in Ferrara, 1895. — (12) VAN GEHUCHTEN : *Contribution à l'étude du système nerveux des téléostéens.* La Cellule, t. X, 1893. — *Contribution à l'étude du faiscean de Meynert ou faisceau rétro-réflexe.* Bull. de l'Acad. royale de Méd. de Belgique, 1894. — *Le faisceau longitudinal postérieur.* Ibid., 1895. — *De l'origine du pathétique et de la racine supérieure du trijumeau.* Bull. de l'Acad. royale des Sciences, 1895. — (13) BALLOWITZ : *Die Nervenendigungen der Pigmentzellen.* Zeitschr. f. Wiss. Zool., Bd. LVI, 1893, pp. 673-706. — *Ueber das Vorkommen echter peripherer Nervenendnetze.* Anatomischer Anzeiger, 1893. pp. 165-169. — (14) OGNEFF : *Ueber die Entwickelung des elektrischen Organes bei Torpedo.* Archiv f. Anatomie und Physiologie. Phys., Abth., 1897. — (15) EBERTH et BUNGE : *Die Nerven der Chromatophoren bei Fischen.* Archiv. f. mikr. Anat., Bd. XXXXVI, 1895. — (16) HEYMANS et DEMOOR : *Etude de l'innervation du cœur des vertébrés à l'aide de la méthode de Golgi.* Mémoires couronnés et autres mémoires de l'Acad. royale de méd. de Belgique, 1894. — (17) VAN GEHUCHTEN : *Contribution à l'étude de la moelle épinière chez les vertébrés.* La Cellule, t. XIII, 1897. — (18) JACQUES : [cité d'après CAJAL (24)] Journal de l'anatomie et de la physiologie. 1894. — (19) RINA MONTI : *Richerche microscopische sull sistema nervoso degli insetti.* Boll. Scientifico, 1893 et 1894. — (20) HOLMGREN : *Zur Kenntnnis des Hautnervensystems der Arthropoden.* Anatom. Anz., 1896, pp. 449-457. — (21) BETHE : *Ein Beitrag zur Kenntniss des peripheren Nervensystems von Astacus fluviatilis.* Anat. Az. 1896, pp. 31-34. — (22) CAJAL : *Nuevas applicaciones del metodo de Golgi.* 1889. — CAJAL et SALA : *Terminacion de los nervios y tubos glandulares en el pancreas*, 1891. — (24) CAJAL : *El sistema nervioso del hombre y de los vertebrados.* 1r fasc., 1897, p. 66. — (25) APATHY : *Das leitende Element des Nervensystems und seine topographischen Beziehungen zu den Zellen.* Abdr. aus den Mittheilungen aus der Zoolog. Station zu Neapel. 1897. — (26) HELD : *Beiträge zur Structur der Nervenzellen und ihrer Fortsätze.* Dritte Abhandlung. Archiv f. Anat. und Phys., Anatom. Abth.. Supplementband, 1897. — (27) AUERBACH : *Nervenendigung in den Centralorganen.* Neurolog.-Centralbl., 1891. — (28) LA VILLA : *Algunos detalles concernientes a la oliva superior y focos acusticos.* Revista

trimestral micrografica. 1898, pp. 75-83. — (29) SEMI MEYER : *Ueber die Function der Protoplasmafortsätze der Nervenzellen.* Abdr. aus den Ber. mathem.-phys. Cl. der K. Sächs. Ges. d. Wiss., Leipzig, 1897. — (30) APATHY : *Bemerkungen zu Garbowski 's Darstellung meiner Lehre von den leitenden Nervenelementen.* Biolog. Centralbl., pp. 704-713. 1898. — (31) BETHE : *Das Nervensystem von Carcinus Maenas.* Archiv f. mikr. Anatomie. Bd. 50, pp. 446-546 ; pp. 589-639, 1897. — *Das centralnervensystem von Carcinus Maenas.* Ibid. Bd. 51, pp. 382-451, 1898. — *Ueber die Primitivfibrillen in den Ganglienzellen vom Menschen und anderen Wirbeltieren.* Morpholog. Arbeiten. Bd. 8, 1895. — *Die anatomischen Elemente des Nervensystems und ihre physiologische Bedeutung* Biologisches Centralblatt, 1898, pp. 843-873. — (32) GOLGI : *Intorno alla struttura delle cellule nervose.* Bollet. della Soc. medico-chirurgica di Pavia, 19 Avril 1898. — (33) CAJAL : *La red superficial de las celulas nerviosas centrales.* Revista trimestral micrographica. Vol. III. dec. 1898, pp. 199-204. — (34) NISSL : *Nervenzellen und graue Substanz.* Separatabdr. aus der Münchener Medic. Mochenschrift, 1898. — (35) FLEMMING : *Morphologie der Zelle.* Sonder-Abdr. aus Ergebnisse der Anatomie und Entwickelungsgeschichte, Bd. VII, 1897, p. 450.

ONZIEME LEÇON

Eléments histologiques qui entrent dans la constitution du système nerveux.

(Suite).

**Sens de la conductibilité nerveuse
dans les prolongements protoplasmatiques et cylindraxiles.
Le contact utile entre les neurones.
Les prolongements cellulipètes et les prolongements cellulifuges.
Modification de la théorie de la polarisation dynamique.
L'indépendance des neurones et les hypothèses qu'elle a fait naître au point de vue du mécanisme des phénomènes psychiques.**

Nous avons vu, dans notre avant-dernière leçon, que les prolongements protoplasmatiques des cellules nerveuses ne servent pas uniquement d'appareils de nutrition pour l'élément nerveux et que le prolongement cylindraxile n'est pas seul à jouir de la fonction de conductibilité (Golgi). Mais toutes les parties d'un neurone sont de nature nerveuse et la transmission de l'ébranlement nerveux se fait aussi bien par les prolongements protoplasmatiques que par le prolongement cylindraxile. La seule différence physiologique qui sépare les prolongements protoplasmatiques du prolongement cylindraxile c'est que, ainsi que nous allons le démontrer pour quelques éléments en particulier, dans les premiers la conduction est *cellulipète*, tandis que dans le second la conduction est *cellulifuge*.

Le contact, par lequel les éléments nerveux agissent les uns sur les autres pour se transmettre l'ébranlement reçu, pourrait se faire *théoriquement*, soit entre les prolongements protoplasmatiques de neurones voisins, soit entre les corps cellulaires d'éléments juxtaposés, soit entre les ramifications collatérales et terminales des prolongements cylindraxiles. Ce qui semble exclure ces voies multiples de transmission nerveuse, c'est que, si elles existaient, la moindre excitation

périphérique devrait néeessairement se transmettre à tous les éléments nerveux de l'axe eérébro-spinal ; ear, de même que dans le plexus nerveux sous-eutané, d'où partent les fibrilles intra-épidermiques, les contaets sont multiples entre les ramifieations terminales des fibres nerveuses sensitives, FIG. 153 ; de même, dans la moelle, les contacts



FIG. 153.

Terminaisons nerveuses intra-épidermiques dans la peau du pavillon de l'oreille de la souris blanche.

sont nombreux non seulement entre les ramifications collatérales et terminales des fibres sensitives, mais aussi et surtout entre les prolongements protoplasmatiques de toutes les cellules nerveuses.

Si tous ees eontacts devaient servir à la transmission de l'ébranlement nerveux, une exeitation quelconque produite en un point donné de la peau pourrait se transmettre à la moelle épinière, non

seulement par voie directe en parcourant toute l'étendue de la fibre excitée, mais encore par voie indirecte, en passant par les ramifications terminales des fibres nerveuses voisines non soumises à l'excitation. Amené à la moelle par le prolongement interne des cellules des ganglions spinaux, cet ébranlement se transmettrait encore une fois, non seulement aux cellules nerveuses, mais aussi aux nombreuses ramifications cylindraxiles voisines, avec lesquelles les ramifications collatérales ou terminales de ce prolongement viendraient en contact. Transmise ainsi de proche en proche, cette excitation périphérique finirait par ébranler tous les neurones de l'axe cérébro-spinal. Nous savons par l'expérience de tous les jours qu'il n'en est pas ainsi.

Pour savoir *dans quel sens* se fait la transmission nerveuse dans un neurone quelconque, nous pouvons avoir recours aux neurones périphériques, pour lesquels l'observation la plus vulgaire nous a révélé depuis longtemps le sens suivant lequel se fait la conduction nerveuse. Ces neurones se divisent en neurones moteurs et en neurones sensitifs.

Neurones moteurs. Nous verrons plus tard que les fibres motrices des nerfs spinaux ont leurs cellules d'origine dans la substance grise de la moelle ; nous savons que le cylindre-axe de chacune de ces



FIG. 154.

Plaques motrices dans les muscles du museau de la souris blanche.

fibres n'est que le prolongement cylindraxile de la cellule nerveuse. Ce prolongement se termine dans une fibre musculaire par une touffe de ramifications libres, FIG. 154. Pour que cette fibre musculaire puisse se contracter sous l'influence d'une irritation amenée par la fibre nerveuse, il faut qu'une excitation motrice lui vienne de la cellule d'origine. La transmission de l'ébranlement nerveux dans le prolongement cylindraxile de chacune de ces cellules motrices est donc *cellulifuge*, FIG. 155.

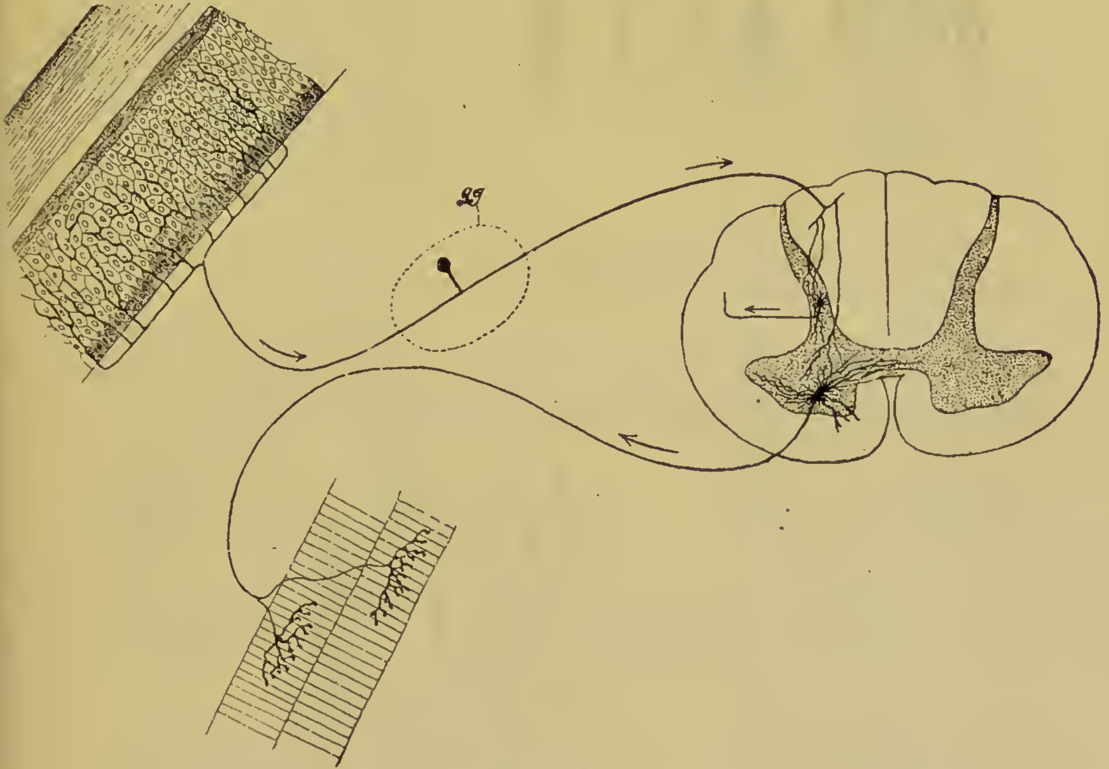


FIG. 155.

Sens de la conduction nerveuse dans les neurones périphériques.

Neurones sensitifs. Nous verrons plus tard qu'une fibre nerveuse sensitive périphérique représente le prolongement protoplasmatique d'une cellule unipolaire d'un ganglion spinal. Ce prolongement se termine par des ramifications libres entre les cellules épithéliales de l'épiderme. Ces ramifications terminales perçoivent les excitations périphériques et les transmettent à la cellule d'origine. Dans ce cas, le prolongement protoplasmatique possède une conduction *cellulipète*. Les fibres des racines postérieures représentent les prolongements cylindraxiles des cellules des ganglions spinaux. Elles reçoivent l'ébranlement de leurs cellules d'origine et le transmettent, dans la

moelle, aux cellules nerveuses avec lesquelles elles arrivent en contact. Ici encore le prolongement cylindraxile possède la conduction *cellulifuge*, FIG. 155.

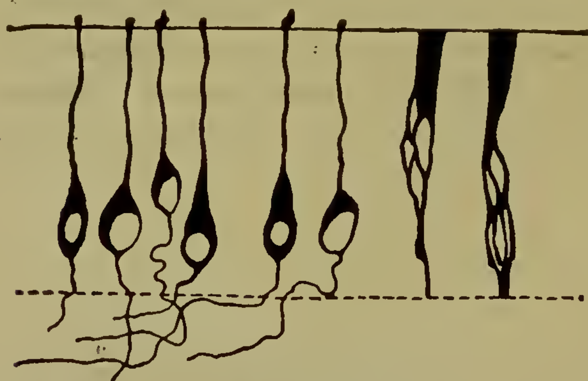


FIG. 156.

Quelques cellules nerveuses bipolaires de la muqueuse olfactive de la souris blanche.

Nous verrons que les fibres du nerf olfactif ont leurs cellules d'origine dans la muqueuse olfactive. Ces cellules sont bipolaires, FIG. 156. Le prolongement périphérique de chacune de ces cellules possède la conduction *cellulipète*, c'est un prolongement protoplasmatique ; leur prolongement central au contraire jouit de la conduction *cellulifuge*, c'est un prolongement cylindraxile. Le même fait s'observe pour les cellules bipolaires du ganglion spiral situé sur la branche limacéenne du nerf acoustique et du ganglion de SCARPA de la branche vestibulaire du même nerf.

Dans les *neurones périphériques*, c'est-à-dire les neurones qui sont situés, en partie, en dehors de l'axe cérébro-spinal, les prolongements protoplasmatiques possèdent donc, en fait, la conduction cellulipète et le prolongement cylindraxile la conduction cellulifuge.

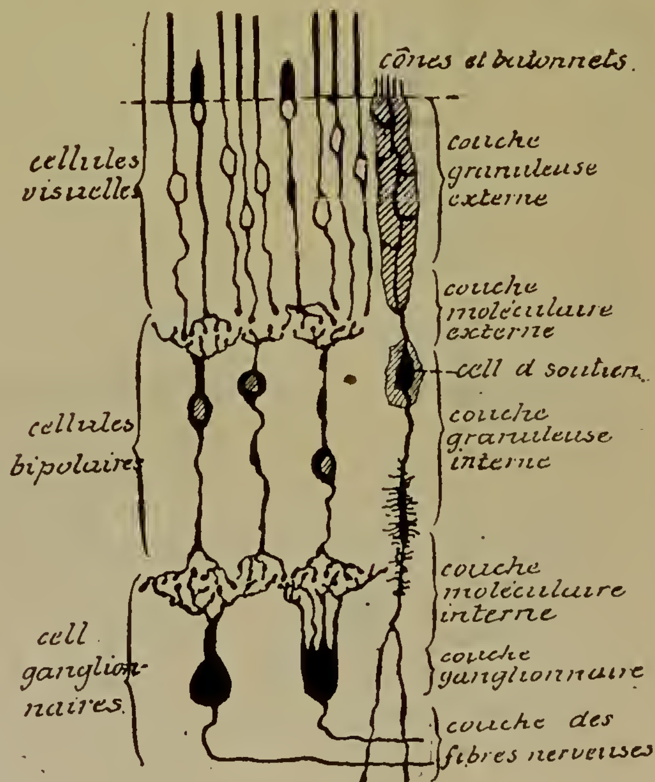


FIG. 157.

Les principaux éléments de la rétine.

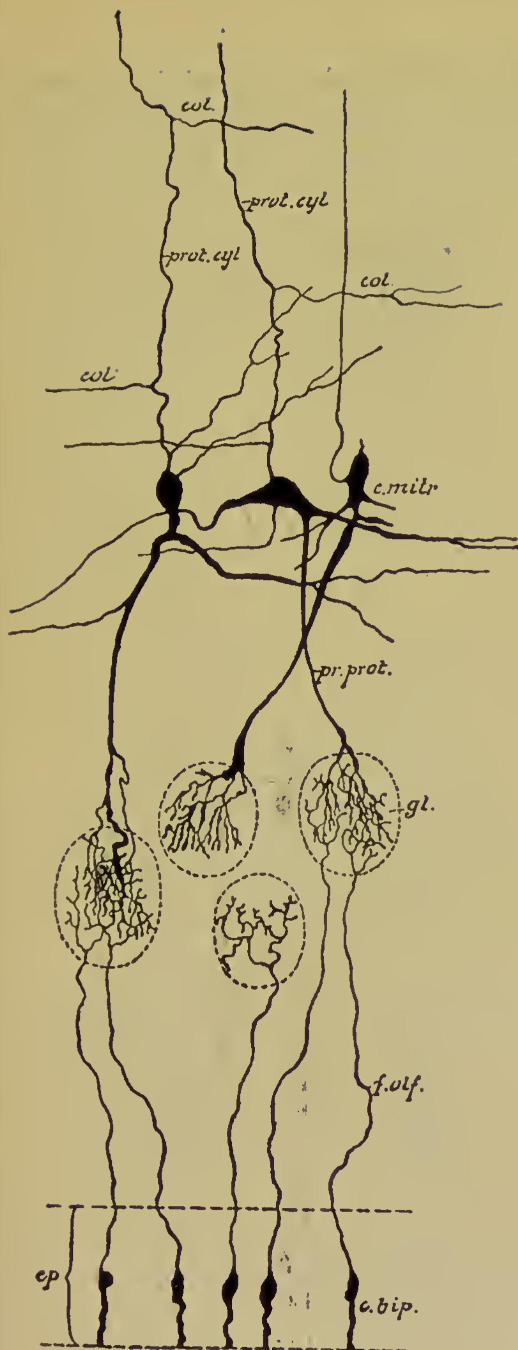


FIG. 158.

Schéma montrant le trajet des filets olfactifs et leur contact, dans les glomérules du bulbe, avec un prolongement protoplasmatique d'une cellule mitrale, chez les mammifères.

ep. : Épithélium de la muqueuse olfactive.
c. bip. : Cellules bipolaires olfactives.
f. olf. : Filets olfactifs.
gl. : Glomérules du bulbe olfactif.
c. m. : Cellules mitrales.
pr. prot. : Prolongements protoplasmatiques.
prol. cyl. : Prolongements cylindraxiles avec, *col*, leurs branches collatérales.

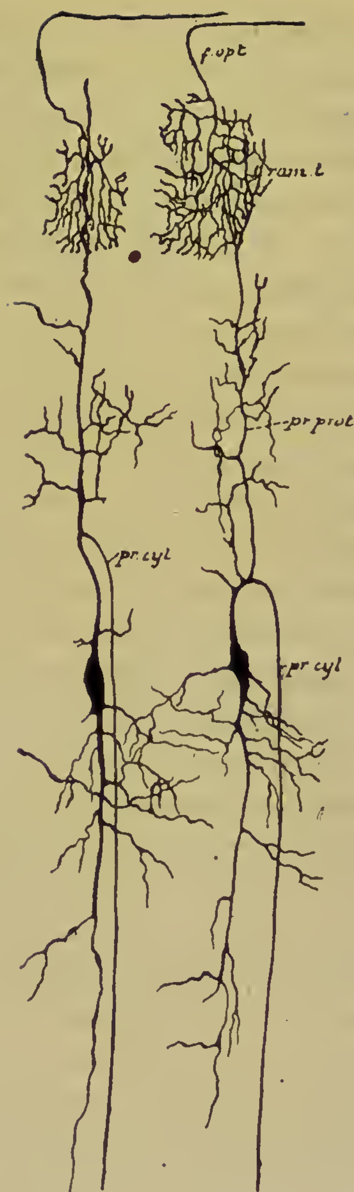


FIG. 159.

Terminaison des fibres du nerf optique dans les couches superficielles du lobe optique chez un embryon de poulet. Les ramifications cylindraxiles ne viennent en contact qu'avec les ramifications protoplasmatiques des cellules nerveuses du lobe optique.

f. opt. : Fibres du nerf optique.
ram. t. : Leurs ram. terminales.
pr. prot. : Prolongements protoplasmatiques.
pr. cyl. : Prol. cylindraxiles des cell. nerv. du lobe optiq.

Il en est de même pour tous les neurones de l'axe cérébro-spinal. Dans le bulbe olfactif de tous les vertébrés, le prolongement protoplasmatique descendant de chacune des cellules mitrales a la conduction cellulipète, le prolongement cylindraxile la conduction cellulifuge, FIG. 158. Les fibres du nerf optique ne sont, en grande partie, que les prolongements cylindraxiles des cellules nerveuses de la zone ganglionnaire de la rétine : elles présentent la conduction cellulifuge. Les prolongements protoplasmatiques de ces cellules rétiniennes jouissent de la conduction cellulipète, FIG. 157, de même que les prolongements protoplasmatiques des cellules nerveuses du lobe optique, FIG. 159. Les cellules motrices de l'écorce cérébrale envoient leurs prolongements protoplasmatiques dans les couches superficielles de l'écorce, pour ramener aux cellules d'origine tous les ébranlements qu'ils peuvent recueillir; les prolongements cylindraxiles de ces cellules corticales descendent dans l'axe cérébro-spinal pour transmettre à d'autres éléments nerveux l'excitation qui leur vient de leurs cellules d'origine, FIG. 160.

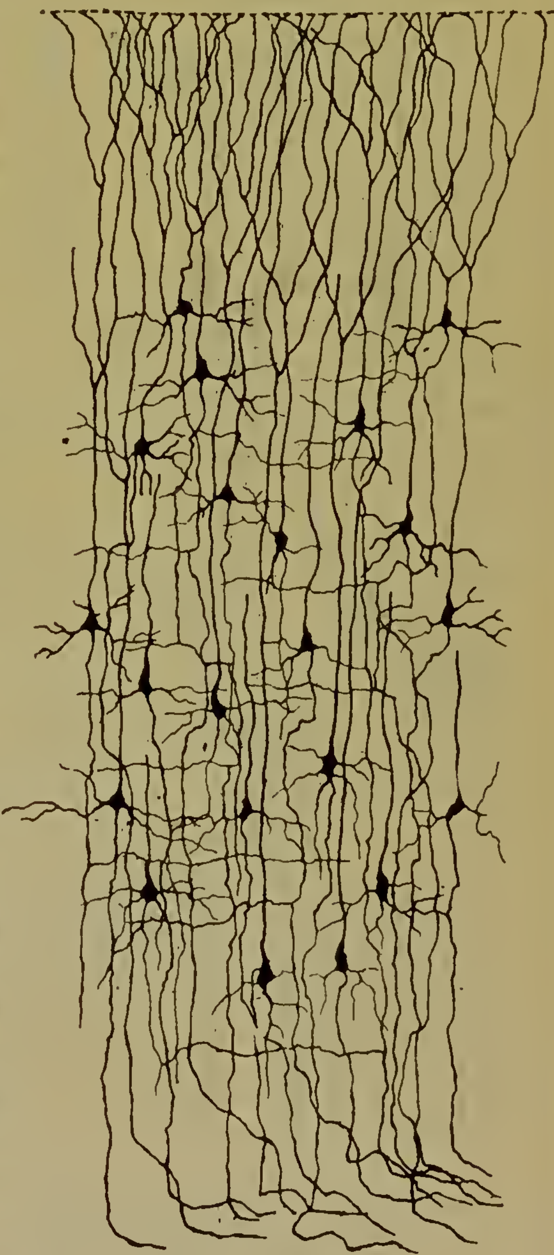


FIG. 160.

Quelques cellules de l'écorce cérébrale d'une souris blanche âgée de neuf jours.

Ces nombreux exemples, que l'on pourrait multiplier encore, prouvent donc que, *en fait*, le sens suivant lequel s'exerce la conductibilité varie dans les deux espèces de prolongements qui

dépendent d'une cellule nerveuse. Ils nous montrent en même temps le mode de superposition des éléments nerveux et nous font voir par *quel contact* l'ébranlement est transmis d'un neurone donné à un autre neurone.

Le *contact utile* entre éléments nerveux, ou, suivant l'expression si juste de RAMON Y CAJAL, l'*articulation* entre neurones superposés, c'est-à-dire la transmission de l'ébranlement d'un élément nerveux à un autre ébranlement nerveux, ne se fait donc pas par les prolongemeuts protoplasmatiques enchevêtrés ; il ne se fait pas non plus par les ramifications terminales cylindraxiles enlacées les unes dans les autres. Ce contact a lieu exclusivement entre les ramifications terminales du prolongement *cylindraxile* d'un neurone, les ramifications terminales des prolongements *protoplasmatiques* et le *corps cellulaire* d'un autre neurone.

Les fonctions spéciales des trois parties constitutives d'un élément nerveux peuvent donc être résumées de la façon suivante :

Tout *prolongement cylindraxile* possède la conduction cellulifuge.

Il ne reçoit *jamais* l'ébranlement nerveux ni des prolongements protoplasmatiques, ni des ramifications cylindraxiles avec lesquels il arrive en contact. Il ne le reçoit pas non plus du corps cellulaire de neurones voisins. L'ébranlement nerveux lui arrive *toujours* de sa cellule d'origine. Il ne transmet *jamais* cet ébranlement aux ramifications cylindraxiles avec lesquelles il s'enchevêtre, mais il le *communique toujours* soit aux prolongements protoplasmatiques et au corps cellulaire d'autres éléments nerveux, soit aux éléments étrangers avec lesquels il vient en contact.

Cette ramification cylindraxile ou terminale par laquelle l'axone d'une cellule nerveuse transmet l'ébranlement à un autre neurone varie en quelque sorte pour chaque type cellulaire. Sa forme aussi bien que son degré d'épanouissement diffèrent suivant que cette connexion se fait avec le corps même de la cellule nerveuse ou avec les prolongements protoplasmatiques qui en dépendent.

La connexion avec le *corps* de la cellule nerveuse peut se faire par une ou par plusieurs ramifications cylindraxiles. Quand la ramification cylindraxile est unique, comme cela s'observe pour les cellules du noyau du corps trapézoïde, fig. 161, elle est formée de quelques fibrilles courtes, épaisses et plus ou moins aplaties de façon à constituer une espèce de calice ou de nid destiné à recevoir le corps de la cellule nerveuse. Quand plusieurs ramifications distinctes sont destinées à se mettre en connexion avec

le même neurone, chacune d'elles est formée par un petit nombre de fibrilles; mais par leur ensemble elles constituent une espèce de corbeille entourant de toutes parts le corps cellulaire ; c'est ce que l'on observe autour du corps des cellules de PURKINJE du cervelet.



FIG. 161.
Ramifications cylindraxiles dans le noyau du corps trapézoïde (chat âgé de huit jours).

Les ramifications cylindraxiles destinées à se mettre en connexion avec les *prolongements protoplasmatiques* d'un autre neurone sont beaucoup plus étendues. Elles peuvent affecter quelquefois la même disposition que celle des prolongements protoplasmatiques avec lesquels elles arrivent en contact ; c'est ce que l'on observe, par exemple, dans la couche moléculaire du cervelet où, le long des grosses branches protoplasmatiques nées du corps des cellules de PURKINJE, courent les ramifications terminales d'une fibre nerveuse de la substance blanche. Le plus souvent cependant, la disposition de cette ramification cylindraxile parait irrégulière, FIG. 162, s'étendant plus ou moins loin dans la substance grise : elle arrive alors en contact avec les ramifications dendritiques plus fines nées des gros troncs protoplasmatiques ; c'est la disposition la plus commune, celle que l'on rencontre en général dans toute l'étendue de la substance grise de la moelle.

Un fait important à faire ressortir, c'est que la partie protoplasmatique d'un seul neurone peut être en connexion avec plusieurs ramifications cylindraxiles appartenant à des types différents et en même temps à des neurones différents. C'est un point sur lequel CAJAL (1) le premier a appelé l'attention. C'est ainsi que chacune des cellules de PURKINJE du cervelet est en connexion, par son corps cellulaire, avec les ramifications cylindraxiles de certaines cellules de la couche moléculaire; par ses gros troncs protoplasmatiques, avec les ramifications cylindraxiles d'une fibre de la substance

blanche et par ses fines ramifications terminales, avec le cylindraxe des petites cellules de la couche granuleuse.

Tout *prolongement protoplasmatique* jouit de la conduction cellulipète. Il ne reçoit jamais l'ébranlement nerveux ni de la cellule dont il provient, ni des prolongements protoplasmatiques qu'il rencontre sur son trajet, ni du corps cellulaire d'un élément voisin. L'ébranlement lui est exclusivement communiqué, soit par des excitations externes, soit par des ramifications cylindraxiles. Il ne transmet jamais l'ébranlement reçu, soit à d'autres prolongements protoplasmatiques, soit à des ramifications cylindraxiles. Il a pour unique fonction de le transmettre à sa cellule d'origine.

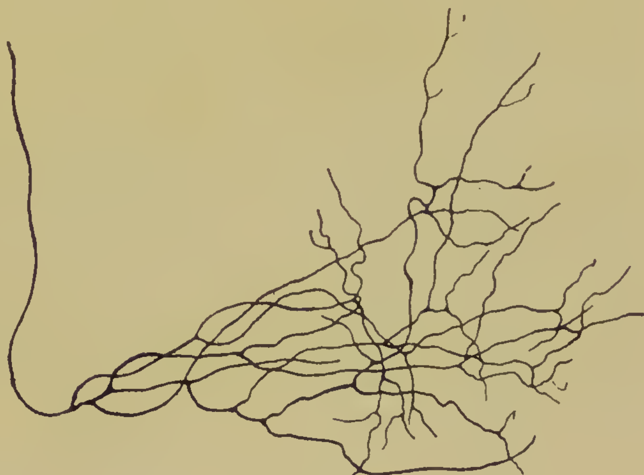


Fig. 162.

Ramifications terminales d'une branche collatérale appartenant à une des fibres des cordons postérieurs dans la moelle lombaire d'un embryon de veau.

Le *corps cellulaire* d'un élément nerveux, interposé en quelque sorte entre les prolongements protoplasmatiques qui recueillent les excitations et le prolongement cylindraxile qui les reporte au loin, apparaît ainsi comme le véritable centre d'action du neurone. C'est là qu'arrivent les ébranlements nerveux, soit qu'ils lui soient amenés par ses prolongements protoplasmatiques, soit qui les ait reçus directement de ramifications cylindraxiles appartenant à d'autres éléments. C'est de là aussi que partent les ébranlements nerveux pour parcourir le prolongement cylindraxile, soit à la suite d'une excitation amenée à la cellule par ses prolongements protoplasmatiques, soit à la suite d'une modification spéciale survenue directement dans la cellule elle-même.

J'insiste un peu longuement sur ces considérations générales, parce qu'elles forment la base de toute la structure interne du système nerveux et que, ces notions bien comprises, il vous sera assez facile de vous orienter dans la structure complexe de l'axe cérébro-spinal.

Cette théorie de la conductibilité cellulipète des prolongements protoplasmatiques et de la conductibilité cellulifuge des prolongements cylindraxiles a été émise presque en même temps par RAMON Y CAJAL (2) et par nous (3). RETZIUS (4), V. LENHOSSEK (5) et GAD (6) s'y sont ralliés, RAUBER (7) l'a accueillie dans son traité d'anatomie et tout récemment encore MISLAWSKY (8) en a montré la rectitude par des expériences galvanométriques. Il est même étrange que cette théorie n'ait pas été formulée plus tôt, surtout après les expériences de GAD sur l'excitation du bout central des racines antérieures des nerfs spinaux. Dans son article «Rückenmark», dans l'Encycolpédie de EULENBURG (Bd. XVI, p. 673, 1888), GAD (9) fait déjà ressortir que si l'on excite le bout central d'une racine antérieure de la moelle, cette excitation n'est suivie d'aucune contraction et il ajoute : « Ce résultat négatif indique que les prolongements protoplasmatiques des cellules motrices de la corne antérieure, qui doivent à première vue avoir pour fonction d'amener des excitations au corps cellulaire, ne sont pas ouverts pour une onde d'excitation venue en sens contraire, sinon, vu les connexions multiples de ces prolongements protoplasmatiques avec les cellules voisines par l'intermédiaire du réseau de GERLACH, on aurait dû s'attendre à voir survenir des mouvements dans des régions éloignées du corps ». Ce qui fait que ces expériences et ces considérations de GAD n'ont pas conduit à la théorie de la polarisation dynamique, c'est qu'à cette époque, sous l'influence des travaux de GOLGI et de ses élèves, on était porté à refuser aux prolongements protoplasmatiques toute fonction de conduction. C'est ainsi que, en 1890, KÖLLIKER (10) relatant les expériences de GAD conteste la rectitude de la conclusion qu'en a tirée cet auteur ; d'après lui ces expériences prouveraient, non pas que les prolongements protoplasmatiques conduisent de leurs ramifications terminales vers la cellule d'origine, mais qu'elles ne jouissent pas du tout de la conductibilité nerveuse.

La théorie de la polarisation dynamique des éléments nerveux, telle que nous venons de l'exposer, s'applique, sans difficulté aucune, à toutes les cellules nerveuses dont l'axone nait directement de ce que l'on désigne généralement sous le nom de *corps cellulaire*, c'est-à-dire la masse de protoplasme entourant le noyau. Son application rencontre cependant certaines difficultés pour les neurones dont le prolongement cylindraxile nait d'un tronc protoplasmatique à une distance variable de cette masse de protoplasme. Il en est ainsi notamment pour les cellules du toit optique chez les oiseaux, FIG. 163, les poissons et les reptiles, pour certaines cellules mitrales du bulbe olfactif chez les mammifères, pour les petites cellules de la couche granuleuse du cervelet, pour le plus grand nombre des cellules nerveuses du névraxe des vertébrés inférieurs (notamment de la salamandre) et surtout pour les cellules ganglionnaires de tous les animaux inférieurs.

Ces difficultés, sur lesquelles nous avons le premier appelé l'attention (11), nous croyions pouvoir les lever en admettant pour le corps

cellulaire une conductibilité indifférente et en comprenant sous cette dénomination de *corps cellulaire* non pas seulement la masse plus ou moins volumineuse de protoplasme entourant le noyau, mais toute la partie du neurone chargée des granulations chromatiques de NISSL, c'est-à-dire la masse centrale de protoplasme et la partie voisine des gros troncs protoplasmatiques ou *prolongements chromatiques*.

Mais, comme CAJAL (12) et LUGARO (13) l'ont fait remarquer à juste titre, ces granulations chromatiques n'existent pas toujours dans le tronc protoplasmatique d'où naît l'axone. En présence de ce fait, CAJAL a proposé de modifier la formule de la théorie afin de la rendre applicable à toute cellule nerveuse indistinctement.

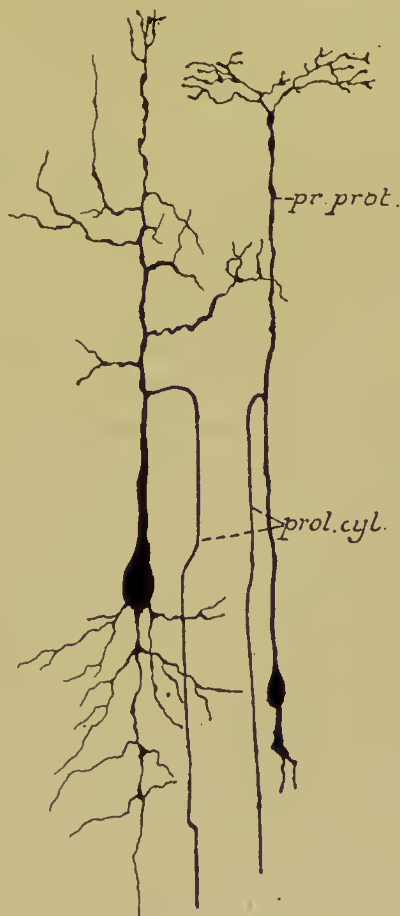


FIG. 163.
Cellules nerveuses du lobe optique d'un embryon de poulet.
Le prolongement cylindraxile naît d'un prolongement protoplasmatique à une distance considérable de la cellule d'origine.

Le corps cellulaire et les prolongements protoplasmatiques représentent toujours un appareil de réception des ébranlements nerveux; le cylindre-axe avec ses ramifications collatérales et terminales, un appareil de transmission et d'application de ces mêmes ébranlements. Mais, au lieu de considérer le corps cellulaire comme le centre d'action du neurone, c'est-à-dire l'endroit ou aboutissent les ébranlements cellulipètes et d'où partent les ébranlements cellulifuges, CAJAL considère le corps cellulaire uniquement comme une portion plus ou moins volumineuse de protoplasme renfermant le noyau et les blocs de substance chromatique, masse de protoplasme qui peut, *mais qui ne doit pas* nécessairement, intervenir dans la fonction de conduction. Elle intervient dans cette fonction quand elle se trouve intercalée entre les prolongements protoplasmatiques et le prolongement cylindraxile, ou bien encore lorsqu'elle se trouve enveloppée par des ramifications cylindraxiles. Mais elle n'intervient pas nécessairement

dans la transmission de tout ébranlement nerveux et cela, parce que, d'après CAJAL, les prolongements protoplasmatiques transmettent les ébranlements reçus non pas vers le corps cellulaire, mais bien vers le point d'origine de l'axone. Les prolongements protoplasmatiques ne sont donc cellulipètes que lorsque l'axone nait directement du corps cellulaire ; pour tous les autres éléments nerveux les prolongements protoplasmatiques jouissent de la conduction *axipète* absolument comme le corps cellulaire lui-même. Le prolongement cylindraxile est toujours cellulifuge quelque soit l'endroit du neurone où il prenne son origine. Quand il provient directement du corps cellulaire, il est exclusivement cellulifuge ; quand il naît, au contraire, d'un gros tronc protoplasmatique il est à la fois *cellulifuge* ou *somatofuge et dendrifuge.*

La première fois que nous avons pris connaissance de cette nouvelle formule, nous avions quelque peine à l'admettre. Nous étions tellement habitué à considérer le corps cellulaire comme le centre d'action du neurone qu'il nous paraissait impossible de vouloir l'éliminer en quelque sorte de la fonction de conduction. Mais, en réfléchissant aux différents faits allégués par CAJAL, notre antipathie pour cette nouvelle formule diminuait de jour en jour. Que le corps cellulaire n'est d'ailleurs pas toujours indispensable pour qu'un ébranlement nerveux puisse se transmettre des prolongements protoplasmatiques au prolongement cylindraxile d'un neurone, c'est ce qui résulte des recherches expérimentales récentes de BETHE.

En étudiant le système nerveux central d'un crustacé (*Carcinus Maenas*), BETHE (14) a observé que chacun des ganglions comprend une partie centrale, formée par un entrelacement compact de fibrilles nerveuses ou neuropile, et une partie périphérique où s'amassent les cellules ganglionnaires motrices, FIG. 164. Chacune de ces cellules est pourvue d'un long prolongement qui pénètre dans le neuropile, lui abandonne un grand nombre de branches collatérales puis sort du ganglion pour se rendre dans les muscles périphériques, *f. m.* Ce sont les neurones moteurs. Les fibres sensibles, *f. s.* proviennent des cellules sensorielles placées près de la surface du corps pour se rendre dans le ganglion correspondant où elles s'épuisent dans le neuropile.

La partie du cerveau de *Carcinus Maenas,* qui est ainsi le centre d'origine des fibres motrices et le centre de terminaison des fibres sensitives de la deuxième antenne, a été choisie par BETHE pour l'expérience ingénieuse que nous allons relater. Cette antenne se trouve reliée au ganglion central par un nerf mixte, à la fois sensitif et moteur.

La section de ce nerf amène immédiatement la paralysie de l'antenne correspondante. Mais si on laisse ce nerf intact et que l'on enlève uniquement le paquet de cellules motrices situé à la surface du ganglion, par les plans de section indiqués dans la FIG. 164, l'antenne reste normale. Si on examine l'animal ainsi opéré de 12 à 24 heures

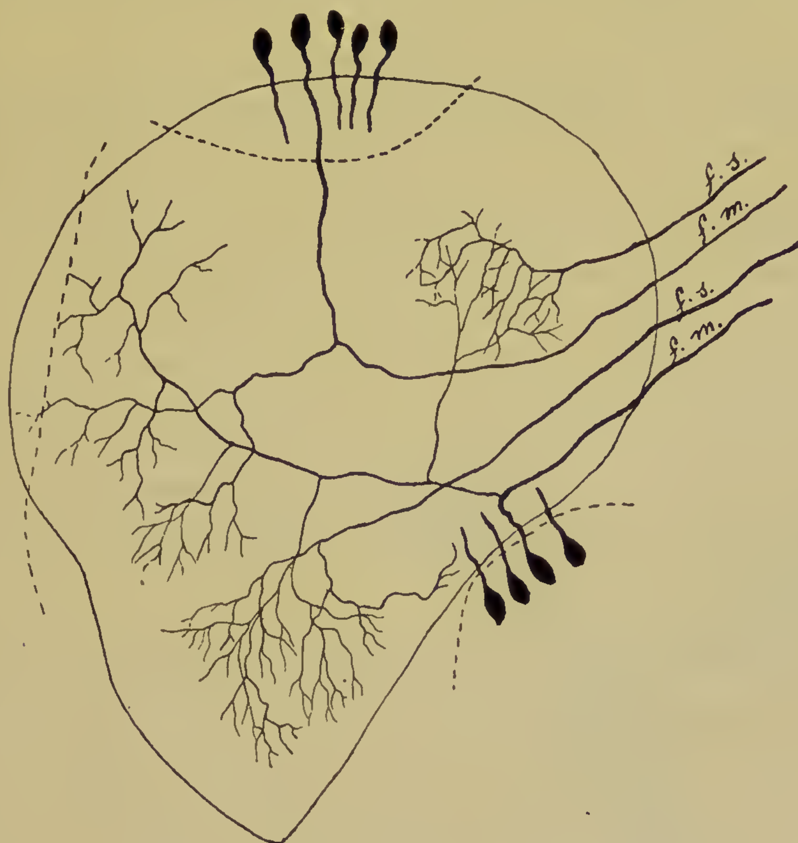


FIG. 164.

Schéma montrant la disposition des cellules motrices et du neuropile dans le ganglion de la deuxième antenne de *Carcinus Maenas* (d'après la description de BETHE).
Les lignes pointillées indiquent les sections faites dans l'expérience relatée par BETHE.

f. s. : Fibre sensitive. | *f. m.* : Fibre motrice.

après la lésion, alors que toute influence du choc opératoire a disparu, l'antenne innervée uniquement par le neuropile, sans intervention d'aucune cellule nerveuse motrice, se comportera comme une antenne absolument normale : le tonus est conservé, les réflexes

existent avec tous leurs caractères ordinaires. La seule différence entre l'antenne correspondant au côté lésé et l'antenne normale, c'est que l'irritabilité réflexe est quelque peu exagérée dans la première. A partir du deuxième jour cette irritabilité réflexe diminue pour disparaître complètement le troisième ou quatrième jour. A cette époque l'antenne est paralysée absolument comme après la section du nerf mixte.

BETHE conclut de ces recherches expérimentales que la cellule ganglionnaire — c'est-à-dire la partie du neurone qui renferme le noyau — n'est pas nécessaire pour qu'un mouvement réflexe puisse se produire et que le tonus normal des muscles ne dépend pas de la cellule ganglionnaire, puisque l'excitation amenée par les fibres centripètes a pu se transmettre aux fibres centrifuges malgré l'absence complète de cellules nerveuses. Ces recherches expérimentales viennent également à l'appui de l'hypothèse émise par CAJAL, à savoir que le corps de la cellule nerveuse n'intervient pas nécessairement dans la fonction de conduction, mais que l'ébranlement nerveux amené par les fibres centripètes peut se transmettre aux prolongements protoplasmatiques d'un neurone moteur et de là directement au prolongement cylindraxile.

Mais si le corps de la cellule nerveuse des animaux inférieurs, c'est-à-dire le noyau avec la petite masse du protoplasme qui l'enveloppe, n'est pas indispensable pour que le neurone puisse exercer sa fonction de conduction, l'expérience de BETHE prouve cependant, en toute évidence, que le fonctionnement durable du système nerveux n'est pas possible sans cellules ganglionnaires et cela, parce que la cellule ganglionnaire exerce sur tout le neurone une action trophique indispensable au maintien de sa vie.

La possibilité de la conduction axipète des prolongements protoplasmatiques, admise par CAJAL en se basant uniquement sur des considérations morphologiques, trouve donc dans l'expérience de BETHE une démonstration éclatante.

Mais de même que BETHE va trop loin en voulant appliquer à tout neurone indistinctement les conclusions qui se dégagent de ses expériences sur les éléments nerveux de *Carcinus Maenas*, de même CAJAL va trop loin lorsqu'il veut appliquer cette conduction axipète des prolongements protoplasmatiques à toutes les cellules du névraxe des mammifères.

L'exemple le plus typique à cet égard est, sans conteste, la cellule unipolaire des ganglions cérébro-spinaux.

Nous avons déjà vu que, primitivement, toutes les cellules constitutives de ces ganglions sont nettement bipolaires. Leur prolongement périphérique, l'homologue d'un prolongement protoplasmatique, est cellulipète tandis que leur prolongement central ou cylindraxile est cellulifuge. Dans ce stade embryonnaire, les ébranlements nerveux doivent donc passer nécessairement par le corps de la cellule nerveuse. Pendant le cours du développement embryologique ces cellules deviennent unipolaires. Leur prolongement unique, plus ou moins long, se bifurque en un prolongement périphérique et un prolongement central. Dans ce stade adulte, CAJAL n'admet plus l'intervention du corps cellulaire dans la fonction de conduction au moins pour les excitations amenées par le prolongement périphérique. Il pense que l'ébranlement nerveux, arrivé au point de bifurcation du prolongement cellulaire, passe directement du prolongement périphérique dans le prolongement central sans passer par le corps de la cellule nerveuse ; il en conclut que la transformation de la cellule primitivement bipolaire en une cellule unipolaire n'a eu d'autre but que de permettre d'abréger considérablement le temps de conduction de l'excitation sensitive, puisque cette transformation rend rectiligne un trajet primitivement flexueux.



FIG. 165.

Disposition des fibrilles au niveau de la bifurcation du prolongement unique des cellules des ganglions spinaux (d'après LUGARO).

Nous ne pouvons nullement admettre cette opinion étrange du savant espagnol. Nous croyons, avec LUGARO (13), que le prolongement unique des cellules des ganglions cérébro-spinaux renferme à la fois les fibrilles cylindraxiles du prolongement périphérique et celles du prolongement central et que, par conséquent, l'ébranlement nerveux parcourt dans les deux sens, mais dans des fibrilles différentes, le pro-

longement unique de ces cellules spéciales. Ce qui tendrait à le prouver, c'est que l'épaisseur du cylindre-axe de ce prolongement unique équivaut, à peu de chose près, à l'épaisseur des cylindre-axes réunis des deux prolongements qui en proviennent. LUGARO a d'ailleurs montré que, dans des ganglions spinaux provenant d'un chien intoxiqué par l'arsenic, durcis dans le sublimé et colorés par l'hématoxyline, il n'est pas parvenu à voir, au niveau de la bifurcation, les fibrilles de la branche périphérique se continuer directement avec celles de la branche centrale comme cela devrait être si l'ébranlement nerveux devait passer directement de l'un à l'autre. Au niveau de cette bifurcation, il a toujours vu les fibrilles des deux prolongements s'incliner dans le prolongement unique, FIG. 165.



FIG. 166.

Quelques modes de bifurcation du prolongement unique des cellules des ganglions spinaux du lapin (méthode de KRONTHAL). *t. c.* : Tronc commun.

Nous pouvons ajouter un fait à ces observations de LUGARO. Si l'on examine les ganglions spinaux avec la méthode d'imprégnation que KRONTHAL a fait connaître tout récemment, méthode qui met en évidence, avec une netteté remarquable, les cylindres-axes des fibres nerveuses de l'adulte, on voit manifestement, au niveau de la bifurcation, les deux branches provenir d'une subdivision très nette du tronc unique, FIG. 166.

Il est bien vrai que CAJAL (15) met en doute l'exactitude du fait signalé par LUGARO. L'intervention réelle du corps cellulaire dans la transmission d'un ébranlement nerveux amené par le prolongement périphérique ne découle, d'après lui, d'aucune expérience positive. Aussi arrive-t-il à se demander sur quoi LUGARO se base pour attribuer la fonction de conduction aux fibrilles du cylindre-axe plutôt qu'à la substance interfibrillaire. Cette objection de CAJAL ne nous parait pas sérieuse, surtout en présence des recherches récentes de APATHY et de BETHE sur la structure fibrillaire des cylindres-axes et du protoplasme des cellules nerveuses.

Vous voyez que le problème de l'intervention obligée de la cellule

des ganglions spinaux, dans la transmission de l'ébranlement nerveux amené par le prolongement périphérique, est loin d'être résolu. Et cependant, c'est là un problème de la plus haute importance au point de vue de la physiologie et de la pathologie nerveuses. S'il était, en effet, démontré que les cellules des ganglions cérébro-spinaux des mammifères n'exercent, dans le fonctionnement normal, d'autre rôle que celui d'un centre trophique absolument comme les cellules motrices des ganglions d'un crustacé, on en viendrait bientôt à conclure, avec BETHE, que les cellules nerveuses n'ont qu'une importance tout-à-fait secondaire et que la partie essentielle des éléments nerveux est uniquement représentée par les fibres nerveuses et par le neuropile.

Il n'en est pas ainsi. L'expérience positive réclamée par CAJAL, qui démontre que le corps de la cellule nerveuse des ganglions spinaux est nécessaire à la transmission des excitations recueillies par le prolongement périphérique, a été réalisée par nous, il y a quelques jours, dans notre laboratoire.

Les nombreuses recherches expérimentales de LANGLEY (16) ont prouvé que la nicotine exerce une action paralysante sur les cellules nerveuses tout en respectant la conductibilité des fibres nerveuses. Nous basant sur ce fait, nous avons mis à nu une des racines postérieures de la moelle sacrée d'un chien sur une longueur suffisante pour pouvoir l'exciter alternativement en dedans et en dehors du ganglion. Un courant induit faible, appliqué sur n'importe quel point du nerf, chez l'animal normal légèrement endormi par le chloroforme, amène des mouvements réflexes dans tout le corps en même temps qu'il provoque les gémissements de l'animal. Si on glisse alors sous le ganglion un petit tampon d'ouate et qu'on laisse tomber goutte à goutte un peu de nicotine sur ce ganglion, on constate, au bout de 2 à 3 minutes, que l'excitation portée en dedans du ganglion amène toujours des mouvements réflexes étendus et des cris, tandis que l'excitation du nerf en dehors du ganglion, même avec un courant beaucoup plus fort, n'amène d'autre réaction que des secousses musculaires dans la patte correspondante. Et ce qui démontre que l'action de la nicotine s'exerce bien sur les cellules nerveuses et pas sur les fibres nerveuses, c'est que son application pendant dix minutes sur une racine postérieure reste sans effet aucune sur la conductibilité des fibres correspondantes. Cette expérience, que nous avons répétée également et avec le même succès sur un ganglion de la moelle cervicale du même chien et sur

un ganglion lombaire de deux autres chiens, prouve donc, croyons-nous, que *l'excitation amenée par le nerf périphérique n'arrive à la moelle qu'après avoir passé par les cellules des ganglions spinaux.*

Les résultats de ces recherches expérimentales concordent d'ailleurs avec ceux des recherches analogues exécutées il y a longtemps déjà, mais dans un autre but, par un de nos compatriotes, PREGALDINO (17), sous la direction de notre savant collègue de Liège M. NUEL.

Partant du fait bien connu que les cellules nerveuses centrales opposent aux troubles circulatoires une résistance beaucoup moindre que les fibres nerveuses, PREGALDINO a voulu rechercher s'il en était de même pour les cellules des ganglions spinaux. A cet effet, il a mis à nu, sur des grenouilles et des chiens, un ganglion spinal en l'isolant soigneusement de toutes les parties voisines « afin de le priver de tout afflux sanguin autre que celui amené par le nerf périphérique et les faisceaux radiculaires postérieurs ». Il a alors excité, à des époques variables, le nerf en dedans et en dehors du ganglion et il a constaté ce fait important, c'est que, si un nerf privé de tout afflux sanguin reste excitable pendant quatre à cinq jours et même plus, l'excitation faite en dehors du ganglion mis à nu, pour arriver à la moelle, exige au début un courant électrique de plus en plus fort. De plus, cette excitation n'est plus suivie d'effet environ soixante heures après l'opération chez la grenouille et 16 à 20 heures après l'opération chez le chien.

PREGALDINO conclut de ses recherches que chaque fibre centripète du nerf périphérique est interrompue dans le ganglion par une cellule nerveuse. Nous croyons pouvoir en dégager une conclusion beaucoup plus importante encore : c'est que, conformément à ce que nous avons démontré plus haut, le courant nerveux amené par le prolongement périphérique des cellules des ganglions spinaux ne passe pas directement dans le prolongement central, comme le pense CAJAL, mais doit nécessairement traverser la cellule nerveuse. Ce courant doit donc parcourir le prolongement unique de cette dernière à la fois dans le sens cellulipète et dans le sens cellulifuge.

PRÉGALDINO a encore exécuté une autre expérience non moins ingénieuse. Ayant constaté, chez la grenouille, que le ganglion spinal est souvent situé sur un des côtés du nerf, il a coupé ce ganglion parallèlement à l'axe du nerf sans blesser la continuité de ce dernier avec la racine postérieure. Après l'opération, l'excitation de la racine postérieure seule amène des mouvements réflexes, tandis que des courants, même très forts, appliqués sur le nerf en dehors de l'endroit

où se trouvait le ganglion, restent sans effet. L'auteur a répété cette expérience trois fois et toujours avec les mêmes résultats. Il en conclut encore une fois que toutes les fibres nerveuses sont interrompues par une cellule ganglionnaire.

PREGALDINO affirme que, examinés à la loupe, le nerf et la racine postérieure ne présentaient pas la moindre solution de continuité et que l'examen microscopique de ces mêmes pièces, fixées dans le liquide de MULLER, a montré qu'il ne persistait que trois ou quatre cellules ganglionnaires, blessées par la section. Si ces observations sont exactes et si réellement la section du ganglion a respecté toutes les fibres nerveuses, cette expérience de PREGALDINO vient encore à l'appui de la conclusion que nous avons formulée à la suite de nos recherches expérimentales avec la nicotine, recherches que nous considérons cependant comme plus démonstratives que celles de PREGALDINO puisqu'elles laissent intacts tous les éléments nerveux.

Nous nous croyons donc en droit d'admettre, contrairement à l'opinion de CAJAL, que la cellule nerveuse des ganglions cérébro-spinaux intervient réellement dans la fonction de transmission des ébranlements recueillis par le prolongement périphérique. Cette transmission ne peut passer du prolongement cellulipète au prolongement cellulifuge qu'en passant par le prolongement unique et par le corps de la cellule nerveuse.

S'il est donc établi, par les recherches expérimentales de BETHE, que, chez les animaux inférieurs, la transmission de l'influx nerveux *peut* se faire directement des prolongements protoplasmatiques au prolongement cylindraxile sans passer par le corps même de la cellule nerveuse ; il n'en est pas moins bien établi, croyons-nous, par nos recherches expérimentales et par celles de PREGALDINO, qu'il ne saurait en être ainsi pour les cellules nerveuses des vertébrés et surtout pour la cellule unipolaire des ganglions cérébro-spinaux.

Il résulte de là aussi que, si la nouvelle formule de la théorie de la polarisation dynamique proposée par CAJAL peut trouver son application chez les animaux inférieurs, on n'est pas en droit d'en conclure qu'elle doit s'appliquer également aux cellules nerveuses du névraxe des vertébrés supérieurs et notamment aux cellules unipolaires des ganglions cérébro-spinaux. Nous venons de voir, en effet, que le prolongement périphérique de ces cellules n'est pas *axipète*, comme le pense CAJAL, mais *cellulipète* de même que le prolongement central est *cellulifuge* et non *dendrifuge*. Pour ces cellules unipolaires,

l'ancienne formule de la polarisation dynamique persiste donc dans toute scn intégrité. Le fait que le prolongement unique de ces cellules jouit à la fois de la conductibilité cellulipète et cellulifuge n'est pas en opposition avec cette formule puisque, ainsi que cela résulte des recherches de LUGARO et des nôtres, ce prolongement renferme à la fois les fibrilles cellulipètes du prolongement périphérique et les fibrilles cellulifuges du prolongement central.



FIG. 167.

Ganglion spinal d'une souris blanche nouveau-née.

rac. post. : Racine postérieure.
rac. ant. : Racine antérieure.
n. pér. : Nerf périphérique.

Nous avons vu, dans l'avant-dernière leçon, les caractères distinctifs que présentent les prolongements protoplasmatiques et le prolongement cylindraxile quand on étudie les éléments nerveux sur des préparations obtenues avec la méthode de GOLGI. Vous en avez conclu peut-être que la distinction morphologique qui sépare ces

prolongements les uns des autres était nettement tranchée. En réalité elle est telle que, dans l'immense majorité des cas, il est de la plus grande facilité de distinguer le prolongement cylindraxile des autres. Il y a cependant des éléments nerveux dont les prolongements protoplasmatiques perdent leurs caractères distinctifs pour en prendre d'autres qui les rapprochent des prolongements cylindraxiles. Ainsi, dans les lobes optiques des oiseaux il existe une zône profonde de cellules volumineuses pourvues d'un prolongement interne, qui est le prolongement cylindraxile, et de plusieurs prolongements externes, qui sont de nature protoplasmatique. Ces derniers sont excessivement longs, ils traversent toute l'épaisseur du toit optique pour venir se terminer par de nombreuses ramifications dans les couches les plus superficielles du lobe. Ces prolongements protoplasmatiques prennent les contours lisses et réguliers d'un prolongement cylindraxile ; aussi P. RAMON (18), dans un travail récent, appelle-t-il ces éléments les *cellules à prolongements protoplasmatiques fins axoniformes*. Un exemple plus frappant encore se trouve dans les cellules des ganglions cérébro-spinaux. Nous avons déjà vu que, chez la plupart des vertébrés, les cellules de ces ganglions, examinées chez l'adulte, sont pourvues d'un seul prolongement ; celui-ci à une distance variable de la cellule d'origine, se bifurque, comme RANVIER l'a observé le premier, et donne naissance à un prolongement central et à un prolongement périphérique, FIG. 167.



FIG. 168.
Transformation des cellules bipolaires en cellules unipolaires dans le ganglion de GASSER d'un embryon de cobaye.

Ces cellules, avons-nous dit, ne sont unipolaires qu'en apparence. Ce sont de véritables cellules bipolaires dont les deux prolongements,

primitivement indépendants, sc sont rapprochés l'un dc l'autre à la suite d'un développement particulier du corps cellulaire sur lequel nous reviendrons plus tard.

Cette interprétation se justifie par les considérations suivantes : dans le cours du développement ces cellules commencent par être bipolaires, puis se transformcnt insensiblement en cellules unipolaires, FIG. 168 ; chez un grand nombre de poissons elles conservent, même chez l'adulte, la forme bipolaire ; enfin chez les animaux inférieurs,

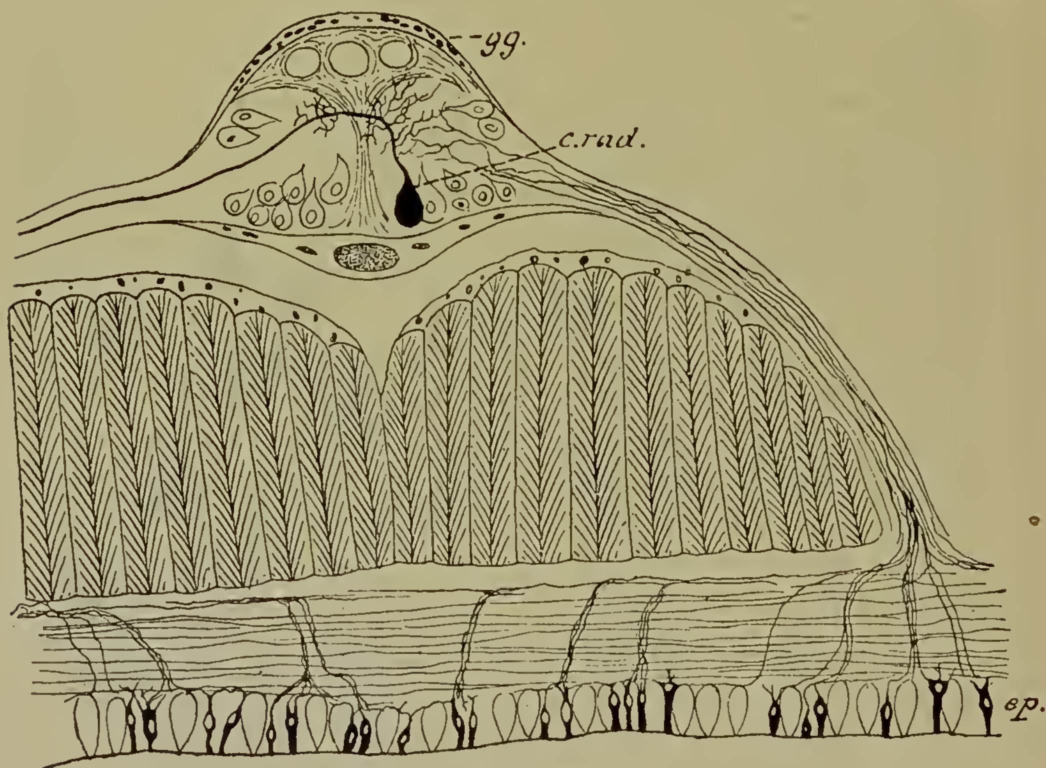


FIG. 169.

Origine des fibres nerveuses sensitives dans des cellules bipolaires de l'épiderme chez le lombric (d'après v. LENHOSSEK).

les homologues des cellules des ganglions cérébro-spinaux sont également des cellules bipolaires, FIG. 169, ainsi que v. LENHOSSEK (19) l'a découvert chez le lombric, et que RETZIUS (20) l'a confirmé chez le lombric et décrit le premier chez les vers polychètes et chez les mollusques.

Chez les mammifères adultes les deux prolongements ne présentent guère de caractères morphologiques nettement distincts, si ce n'est que le prolongement interne est généralement plus grêle que l'externe, FIG. 170 : tous deux d'ailleurs deviennent le cylindre-axe d'une fibre nerveusc. Ils devraient par conséquent être considérés

tous deux aussi comme des prolongements cylindraxiles. Nous trouverions ainsi, dans les cellules des ganglions cérébro-spinaux, un exemple remarquable d'éléments nerveux pourvus de deux prolongements cylindraxiles et dépourvus complètement de prolongements protoplasmatiques. Or cela n'est pas. L'étude comparée des différents neurones sensitifs périphériques, sur laquelle nous reviendrons plus tard, prouve que le prolongement périphérique des cellules constitutives des ganglions cérébro-spinaux doit être considéré, sinon morphologiquement au moins fonctionnellement, comme un prolongement protoplasmatique ainsi que nous croyons l'avoir démontré avec RAMON Y CAJAL.



FIG. 170.

Deux cellules du ganglion plexiforme d'un chat nouveau-né.

pr. p. : Prolongement protoplasmatique.
pr. c. : Prolongement cylindraxile.

Par le fait même disparaît toute distinction morphologique entre un prolongement cylindraxile et un prolongement protoplasmatique, puisque un prolongement protoplasmatique excessivement long peut prendre tous les caractères d'un prolongement cylindraxile et devenir, comme ce dernier, cylindre-axe d'une fibre nerveuse.

C'est pour ce motif que nous avons proposé (21) d'établir entre les prolongements d'une cellule nerveuse une distinction exclusivement basée sur *le sens suivant lequel ils conduisent l'ébranlement nerveux*, sans tenir compte en aucune façon de leurs caractères morphologiques. Toute cellule nerveuse serait pourvue de deux espèces de prolongements : des *prolongements à conduction cellulipète* et des *prolongements à conduction cellulifuge*. On peut cependant, si l'on veut, maintenir les expressions de prolongements protoplasmatiques et de prolongements cylindraxiles introduites par DEITERS et qui ont reçu partout droit de cité, à la condition de leur donner une nouvelle définition et de dire : les prolongements protoplasmatiques d'une cellule nerveuse

sont tous les prolongements à conduction cellulipète ; les prolongements cylindraxiles sont ceux qui jouissent de la conduction cellulifuge. C'est dans ce sens nettement limité que nous emploierons dans la suite les expressions de prolongements protoplasmatiques et de prolongements cylindraxiles. De cette façon nous faisons rentrer les prolongements périphériques des cellules profondes du toit optique des oiseaux et les prolongements périphériques des cellules des ganglions cérébro-spinaux dans le groupe des prolongements protoplasmatiques auquel ils appartiennent en réalité.

Il est bien entendu que si nous parlons de *caractères morphologiques différents* pour les prolongements protoplasmatiques et cylindraxiles, nous ne tenons compte*, pour le moment*, que des résultats donnés par la méthode de GOLGI. Cette méthode ne fournit aucun renseignement sur l'organisation interne de ces deux espèces de prolongements, elle ne met en relief que leur *forme extérieure*; c'est uniquement de cette forme extérieure que nous parlons quand nous disons que, dans certains cas, les prolongements protoplasmatiques peuvent prendre les caractères morphologiques de prolongements cylindraxiles.

Quand nous disons que les prolongements protoplasmatiques jouissent de la conduction cellulipète et le prolongement cylindraxile de la conduction cellulifuge, il est évident que nous parlons exclusivement du sens de la conduction nerveuse dans *l'organisme vivant*, de la direction que suivent en réalité *les excitants physiologiques*. Nous savons très bien que, *dans les conditions expérimentales*, les fibres nerveuses doivent être considérées comme des conducteurs indifférents et que, par conséquent, une fibre motrice peut conduire, *expérimentalement*, une excitation électrique, chimique, mécanique ou autre aussi bien dans le sens cellulipète que dans le sens cellulifuge. Nous avons, pour le prouver, les phénomènes de la variation négative observés par DU BOIS-REYMOND dans les deux bouts d'un nerf excité et les recherches expérimentales bien connues de KUHNE (22) et de BABUCHIN (23). Mais de ce qu'un courant électrique appliqué sur un nerf se propage dans les deux sens, on n'est pas en droit de conclure, croyons-nous, que, *dans les conditions physiologiques*, l'influx nerveux doit se comporter d'une façon identique.

Cette distinction à établir entre les conditions physiologiques et les conditions expérimentales nous paraissait tellement élémentaire

que nous n'avions pas cru devoir y insister. Il paraît que nous avons eu tort.

SHERRINGTON (24) a montré que, chez le singe et le chat, l'excitation électrique et mécanique des fibres des cordons postérieurs, après section transversale du bulbe, amène des mouvements dans les muscles des membres du côté correspondant et cela dans des conditions expérimentales telles qu'il faut en déduire que l'excitation a parcouru de haut en bas les fibres des cordons postérieurs. Il s'appuie sur ce fait pour combattre la théorie de la polarisation dynamique des éléments nerveux, introduite dans la science par CAJAL et par nous, et pour admettre la double conductibilité dans les fibres du système nerveux central. Nous admettons, avec SHERRINGTON, cette conductibilité cellulipète des fibres des cordons postérieurs, mais uniquement *dans les conditions expérimentales.* Nous ne croyons pas qu'il entre dans l'idée de notre collègue d'admettre également la conductibilité descendante des fibres des cordons postérieurs dans les conditions physiologiques. S'il en est ainsi, nous ne voyons pas en quoi ces recherches expérimentales pourraient valoir contre la doctrine que nous défendons avec CAJAL.

CAJAL (25) aussi semble croire que, dans notre idée, la conduction cellulipète des prolongements protoplasmatiques et la conduction cellulifuge des prolongements cylindraxiles « est un phénomène invariable, dépendant de la structure même des prolongements ou peut-être de la nature des courants ». Il n'en est absolument rien. Nous n'avons jamais parlé, ni voulu parler que de la direction de l'ébranlement nerveux *dans les conditions physiologiques*, laissant hors de cause toutes les conditions expérimentales.

Si donc nous disons que les prolongements protoplasmatiques sont des prolongements cellulipètes et l'axone un prolongement cellulifuge, nous n'avons en vue que la direction de l'influx nerveux dans *l'organisme vivant et normal*, tout en admettant la possibilité de la conduction cellulifuge pour les dendrites et cellulipète pour les axones dans les conditions expérimentales.

Littérature.

(1) Cajal : *El sistema nervioso del hombre y de los vertebrados.* 1er fasc. 1897, pp. 71 et 72. — (2) Van Gehuchten : *La structure des centres nerveux : la moelle épinière et le cervelet.* La Cellule, t. VII, p. 101, 1891. — (3) Cajal : *Significacion fisiologica de las expansiones protoplasmaticas y nervosas de las celulas de la substancia gris.* Revista de Ciencias Medicas de Barcelona, nos 22 et 22, 1891. — (4) Retzius : *Ueber die neueren Prinzipien in der Lehre von der Einrichtung des sensiblen Nervensystems.* Biolog. Unters., Bd. IV, 1892. — *Zur Kenntniss der ersten Entwickelung der nervösen Elemente im Rückenmarke des Hühnchens.* Biolog. Unters., Bd. V, 1893. — (5) v. Lenhossek : *Der feinere Bau des Nervensystems im Lichte neuester Forschungen*, 2o Aufl., Berlin, 1895, p. 141. — (6) Gad : *Ueber Nervenzellenfunctionen*, 66 Versamml. deutscher Naturf. und Aertze in Wien. 24-30 Sept. 1884, Section für Physiologie, Neurol. Centralbl., 1894, p. 745. — (7) Rauber : *Lehrbuch der Anatomie des Menschen.* Bd. II, 2 Abth. : *Nervenlehre und Sinnesorgane.* Leipzig, 1894, p. 279. — (8) Mislawsky : *Sur le rôle physiologique des dendrites.* Comptes-rendus de la Soc. de Biologie, 29 Juin 1895, pp. 488-489. — (9) Gad : Article *Rückenmark* dans Real-Encyclopädie der Heilkunde. Bd. XVI, 1888, p. 673. — (10) Kölliker : *Zur feineren Anatomie des centralen Nervensystem.* Zweiter Beitrag : *Das Rückenmark*, Zeitschr. f. wiss. Zool., Bd. LI, 1890, p. 39. — (11) Van Gehuchten : *Anatomie du système nerveux de l'homme*, 2e édit. 1896, pp. 213-218. — (12) Cajal : *Leyes de la morforlogia y dinamismo de las celulas nerviosas.* Revista trimestral micrografica. Vol. II, Mars 1897. — (13) Lugaro : *A proposito di alcune varianti alla formula della « polarizzazione dinamica ».* Monitore zoologico italiano. Anno VIII, aprile 1897, p. 79-90. — (14) Bethe : *Das Centralnervensystem von Carcinus Maenas.* Archiv. f. mikr. Anatomie. Bd. 50, 1897, p. 629-635. — (14') Kronthal : *Eine neue Farbung für das Nervensystem.* Neurolog. Centralbl., 1899, no 5. — (15) Cajal : *El sistema nervioso del hombre y de los vertebrados*, 1r fasc., 1897, pp. 92 et 93. — (16) Langley and Dickinson : Proc. Royal Society, vol. 46, p. 423, 1889 et vol. 47, p. 379, 1890. — (17) Pregaldino : *Contribution à l'étude des ganglions intervertébraux.* Bulletin de l'Académie royale de médecine de Belgique 1887, pp. 671-683. — (18) P. Ramon : *Centros opticos de las aves.* Riv. trim. Micrografica, vol. III, 1898, p. 182. — (19) v. Lenhossek : *Die sensiblen Nerven des Regenwurms.* Octobre 1891. — *Ursprung, Verlauf und Endigung der sensibeln Nervenfasern bei Lumbricus.* Arch. f. mikr. Anat.. 1892. — (20) Retzius : *Das Nervensystem der Lumbricinen.* Biolog. Unters. Bd. III. 1892. *Das sensible Nervensystem der Polychäten. Das sensible Nervensystem der Mollusken.* Biolog. Untersuchungen, Bd. IV, 1892. — Van Gehuchten : *La structure des obes optiques chez l'embryon du poulet.* La Cellule, t. VIII, 1892, p. 28. — Kühne : *Untersuchungen über Bewegungen und Veränderungen der contraktilen Substanzen. II. Ueber das doppelsinnige Leitungsvermögen der motorisehen Nerven.* Archiv. f. Anat. und Phys., 1859, p. 595-604. — (23) Babuchin : *Beobachtungen und Versuche am Zitterwelse und Mormyrus des Niles.* Arch. f. Anat. und Phys. 1877, p. 262. — Sherrington : *Doppelte Leitung im Centralnervensystem.* Monatsschrift für Psychiatrie und Neurologié, 1897. Bd. I, pp. 503-506. — (25) Cajal : *El sistema nervioso del hombre y de los vertebrados.* 1r fasc., 1897, pp. 106-110.

DOUZIÈME LEÇON

Eléments histologiques qui entrent dans la constitution du système nerveux.

(Suite).

L'indépendance des neurones et les hypothèses qu'elle a fait naître au point de vue du mécanisme des phénomènes psychiques.
Amiboisme des cellules nerveuses. Les appendices. L'état perlé ou moniliforme des cellules corticales.
Origine et développement des éléments nerveux : Cellule germinative. Neuroblaste. Neurone.
Transformation des cellules bipolaires des ganglions cérébro-spinaux en cellules unipolaires.
La cellule nerveuse centre génétique, nutritif et fonctionnel du neurone.

L'indépendance des neurones a fait naître, dans ces dernières années, un certain nombre de théories sur le mode de fonctionnement des éléments nerveux des centres. Ces théories n'étaient, au début, que de pures conceptions de l'esprit, des hypothèses dans le sens le plus absolu du mot, dépourvues de toute base scientifique sérieuse. Des recherches expérimentales nombreuses, entreprises dans le cours de ces trois dernières années, ont essayé d'établir ces théories sur des faits d'observation nets et précis, mais les résultats obtenus par les différents auteurs sont loin d'être concordants. Je crois qu'il est de mon devoir de vous les faire connaître, parce qu'elles tendent à prouver que la conception de l'indépendance des neurones sera fructueuse dans ses résultats puisqu'on tâche de résoudre, grâce à elle, des problèmes qui, avec les anastomoses admises pour le réseau de GERLACH ou le réseau de GOLGI, paraissaient insolubles.

La première théorie en date est celle émise indépendamment l'un de l'autre par RABL-RUCKHARD, LÉPINE et MATHIAS DUVAL

Se basant sur une observation de WIEDERSHEIM, d'après laquelle les cellules nerveuses présentent, chez certains animaux inférieurs transparents (*Leptodora hyalina*), des mouvements amiboïdes et sur ce

fait que le prolongement périphérique des cellules nerveuses bipolaires de la muqueuse olfactive se termine par un ou plusieurs cils présentant des mouvements ondulatoires, MATH. DUVAL (2) a émis l'hypothèse que les ramifications terminales des prolongements cylindraxiles de toutes les cellules nerveuses seraient douées également de mouvements amiboïdes. Grâce à ces mouvements, ces ramifications terminales pourraient, à certains moments et sous certaines influences, se rétracter et, par là, suspendre toute activité cérébrale ; à d'autres moments ou sous d'autres influences elles pourraient s'allonger, rendre ainsi les contacts entre neurones distincts plus intimes et plus nombreux et, par là, stimuler, augmenter et développer les fonctions cérébrales. « Nous pouvons penser, dit DUVAL, que non seulement les connexions des cellules nerveuses, dans les centres, sont de pure contiguïté, mais encore que cette contiguïté peut être d'un moment à l'autre plus intime. On conçoit qu'ainsi l'imagination, la mémoire, l'association des idées deviennent plus actives sous l'influence de divers agents (thé, café), qui auraient sans doute pour action d'exciter l'amiboïsme des extrémités nerveuses en contiguïté, de rapprocher ces ramifications, de faciliter lcs passages ». A l'aide de cette hypothèse, DUVAL construit ce qu'il appelle la *théorie histologique du sommeil.* « Chez l'homme qui dort, les ramifications cérébrales du neurone sensitif central sont rétractées, comme le sont les pseudopodes d'un leucocyte anesthésié, sous le microscope, par l'absence d'oxygène et l'excès d'acide carbonique. Les excitations faibles portées sur les nerfs sensibles provoquent, chez l'homme endormi, des réactions réflexes, mais ne passent pas dans les cellules de l'écorce cérébrale ; des excitations plus fortes amènent l'allongement des ramifications cérébrales du neurone sensitif, par suite le passage jusque dans les cellules de l'écorce et par suite le réveil, dont les phases successives traduisent bien ces rétablissements d'une série de passages précédemment interrompus par rétraction et éloignement des ramifications pseudopodiques ». DUVAL expliquerait même, par la rétraction des pseudopodes nerveux à la suite d'excitations violentes, anormales, les anesthésies et les paralysies hystériques.

A la suite de cette communication de DUVAL, LÉPINE (3) a fait remarquer que, dans la relation d'un cas d'hystérie à forme particulière faite par lui au mois d'août 1894, il avait déjà émis l'hypothèse que les anesthésies sensorielles et sensitives, ainsi que les paralysies motrices chez les hystériques résulteraient du *défaut de contiguïté parfaite entre*

les ramifications des cellules. Le malade qu'il a observé passait sans cesse et d'une *manière instantanée* de la surdité la plus complète et la plus absolue à l'état normal dans lequel il percevait facilement les bruits légers. Il expliquait ces alternatives par la non-contiguïté ou la contiguïté des prolongements cellulaires, l'*attention* du malade suffisant à elle seule à rétablir les contacts par éréthisme des prolongements cellulaires. Le *sommeil naturel* pourrait, d'après lui, être causé par le retrait des prolongements des cellules du sensorium amenant l'isolement des neurones. Ainsi s'expliquerait la soudaineté extraordinaire avec laquelle nous passons de l'état de veille à l'état de sommeil. Le rétablissement des prolongements serait dû à des modifications chimiques du protoplasme cellulaire.

Il y a entre ces hypothèses de DUVAL et de LÉPINE une différence assez importante et sur laquelle DUVAL n'a guère insisté, c'est que, d'après LÉPINE, — au moins si nous avons bien saisi le sens qu'il attribue aux mots *ramifications des cellules* — tout se passerait dans les prolongements *protoplasmatiques* des *cellules nerveuses de l'écorce cérébrale*, tandis que pour DUVAL le rôle principal, dans la suspension et le rétablissement des contacts, reviendrait aux prolongements *cylindraxiles* des cellules de la voie sensitive centrale.

Ainsi que le remarque KÖLLIKER (4), l'hypothèse de DUVAL a déjà été émise, en 1890, par RABL-RUCKHARD (1) sous une forme légèrement différente.

KÖLLIKER s'est élevé contre ces diverses hypothèses et cela en s'appuyant sur ces faits d'observation, c'est que le cylindre-axe d'une fibre nerveuse n'est pas contractile, c'est que les ramifications terminales des fibres nerveuses observées dans des parties transparentes d'animaux vivants ne présentent pas de mouvements, c'est que le cylindre-axe n'est pas formé de protoplasme non différencié, mais présente une structure fibrillaire. D'ailleurs, il résulte de tous les faits connus, que les fonctions psychiques sont liées aux cellules nerveuses elles-mêmes et non pas à leurs prolongements protoplasmatiques ou cylindraxiles.

CAJAL (5) a combattu également la théorie histologique du sommeil de DUVAL en s'appuyant sur les objections formulées par KÖLLIKER et sur les considérations suivantes : les ramifications cylindraxiles terminales du cervelet, du bulbe, des noyaux acoustiques, du lobe optique montrent toujours le même degré de développement, le même mode de connexion avec les cellules voisines, qu'on les observe sur

des animaux tués soit par le chloroforme, soit par hémorrhagie, soit par empoisonnement. De plus, les ramifications cylindraxiles terminales des cellules de la rétine et du lobe optique des reptiles et des batraciens se présentent toujours sous le même aspect, que ces organes aient été, au moment de la mort, longtemps au repos (mort après un séjour prolongé dans l'obscurité) ou bien qu'ils se soient trouvés en activité (mort après une exposition au soleil de plusieurs heures).

Nous tenons à faire remarquer, sans vouloir prendre position dans le débat, que ces diverses objections de KÖLLIKER et de CAJAL combattent la théorie de DUVAL admettant des mouvements amiboïdes pour les ramifications terminales des prolongements cylindraxiles, mais qu'elles ne combattent pas la théorie d'après laquelle les mouvements amiboïdes résideraient dans les ramifications terminales des prolongements protoplasmatiques.

Les expériences de CAJAL sur la rétine et les lobes optiques des reptiles et des batraciens tendent à prouver, il est vrai, que les prolongements protoplasmatiques des cellules nerveuses présentent toujours la même disposition constante, que ces cellules aient été maintenues pendant des mois dans le repos le plus absolu ou bien que ces cellules aient fonctionné régulièrement jusqu'au moment de la mort.

Mais ces expériences et ces conclusions sont en opposition manifeste avec des expériences du même ordre faites par ED. PERGENS (6) dans le laboratoire de HEGER. PERGENS a opéré sur des poissons *(Leuciscus rutilus)*. Il a maintenu un premier lot de poissons pendant 48 heures dans l'obscurité la plus complète pendant qu'un deuxième lot restait à la lumière ordinaire du jour. Les poissons ont été décapités et les têtes placées pendant 24 heures dans une solution d'acide azotique de 5 à 10 %, les unes à la lumière, les autres à l'obscurité. A partir de ce moment, les rétines de tous les poissons ont été soumises aux mêmes réactifs. PERGENS a observé une contraction des cônes et des bâtonnets déjà signalée, en 1885, par GRADENIGO, et, en 1887, par VAN GENDEREN STORT. Cette contraction peut aller, dans les limites extrêmes, de 40 μ à 6 μ. De plus, PERGENS a constaté une rétraction des cellules de la couche ganglionnaire : sous l'influence de la lumière, le protoplasme devient moins volumineux, les prolongements deviennent plus courts, plus épais et plus rares.

Ces faits tendraient donc à prouver que le fonctionnement d'une cellule nerveuse, entretenu pendant un temps assez long, s'accompagne

d'une rétraction de son corps cellulaire et d'un raccourcissement de ses prolongements protoplasmatiques. Au point de vue de la théorie de Lépine et de Duval, ce raccourcissement, loin de rendre les contacts plus intimes et plus nombreux, aurait un effet tout-à-fait opposé : il isolerait les uns des autres les différents neurones visuels.

D'après les recherches de Vas (7) et de Mann (8) cependant, l'activité des cellules nerveuses serait accompagnée d'un agrandissement de la masse protoplasmatique.

Lugaro (9), ayant comparé entre elles les cellules d'un ganglion sympathique au repos et celles d'un autre ganglion soumis pendant plusieurs heures à un faible courant faradique, a constaté que l'activité d'une cellule nerveuse est accompagnée d'une turgescence du protoplasme cellulaire. Il en conclut que cette même turgescence doit se produire dans les prolongements protoplasmatiques dont la structure offre tant d'analogie avec celle du corps cellulaire et, par conséquent, aussi dans les ramifications terminales de ces mêmes prolongements, de même qu'elle se produira aussi dans les ramifications terminales du prolongement cylindraxile. Cette turgescence survenue dans les ramifications terminales des prolongements protoplasmatiques et cylindraxiles rend plus intime le contact entre les différents neurones, condition *sine qua non* de l'activité psychique. Dès que les cellules cessent de fonctionner, cette turgescence disparaît, entraînant à sa suite la suspension ou l'affaiblissement des contacts et et par là même la suspension de l'activité psychique.

Lugaro admet donc l'idée de Duval, d'après laquelle les modifications que les phénomènes psychiques produisent dans les éléments nerveux sont accompagnées de modifications dans les connexions existant entre ces mêmes éléments ; mais, tandis que pour Duval ces modifications dans les connexions sont dues à des mouvements amiboïdes, Lugaro les attribue à un accroissement des prolongements des cellules nerveuses dû à la turgescence.

Cette conclusion de Lugaro se rapproche, sous plusieurs rapports, d'une opinion émise antérieurement par Tanzi (10). Le savant italien admet que chaque fois qu'un courant nerveux parcourt un neurone, il y provoque une activité particulière des processus nutritifs entraînant une hypernutrition dans les parties traversées, analogue à l'hypertrophie du muscle qui a travaillé. Si cette augmentation de volume se fait dans le sens de la longueur, l'exercice fonctionnel diminuera insensiblement la distance séparant primitive-

ment les neurones contigus. Ces neurones tendront donc, de par l'exercice, à se rapprocher les uns des autres et par le fait même leur fonctionnement s'en trouvera facilité.

Après avoir constaté que, dans l'immense majorité des cas, les connexions entre neurones distincts s'établissent par contact, ou, pour nous servir des termes de l'auteur, par des appuis adhésifs ou par de simples accolements, RENAUT (11) se pose la question : comment peut-on se figurer que puisse varier l'*articulation par appuis adhésifs ?* En examinant des préparations de rétine traitées par le bleu de méthylène, RENAUT a constaté que les prolongements protoplasmatiques des cellules nerveuses présentent une apparence perlée. C'est au niveau de ces boules colorées que se feraient les appuis des prolongements protoplasmatiques les uns sur les autres, que s'effectuerait le plus largement l'*articulation par contact.*

Chaque grain perlé répond à un renflement vacuolaire du filament protoplasmique ; ces grains perlés ou ces varicosités, observées par presque tous les auteurs qui ont travaillé avec la méthode de EHRLICH ou avec la méthode de GOLGI, ont été considérées jusqu'ici comme des productions sans importance.

RENAUT au contraire attache à ces vacuoles une importance considérable. Il pense qu'elles ne se produisent que sous l'influence de l'activité directrice de la cellule. Là où elles se produisent, ces vacuoles raccourcissent et tendent les ramuscules ; cette tension peut faire et fait même nécessairement varier l'exactitude des contacts. C'est donc grâce à ces vacuoles que les neurones peuvent s'articuler et se désarticuler.

Ces modifications dans la forme extérieure des neurones, que l'on a désignées tantôt, avec MATHIAS DUVAL, sous le nom de *amiboïsme des cellules nerveuses*, tantôt, avec DEMOOR, sous le nom de *plasticité des neurones*, ont été étudiées dans ces derniers temps et d'une manière expérimentale par DEMOOR, STEFANOWSKA et QUERTON dans le laboratoire de notre collègue de Bruxelles M. HÉGER; par SOUKHANOFF dans notre laboratoire, par LUGARO et bien d'autres auteurs encore.

Ces recherches, qui ont porté principalement sur les cellules pyramidales de l'écorce cérébrale, ont eu pour premier résultat utile d'appeler l'attention sur certains détails de conformation de ces cellules nerveuses auxquels on n'avait guère jusqu'alors attaché d'importance.

Quand on examine attentivement une cellule pyramidale de

l'écorce imprégnée par le chromate d'argent — provenant d'un animal sain, pris au repos et tué par décapitation — on voit, FIG 171, que tous les prolongements protoplasmatiques de cette cellule sont recou-



FIG. 171.

Petite cellule pyramidale de l'écorce cérébrale d'un chat âgé de 14 jours. Les prolongements protoplasmatiques sont garnis d'appendices pyriformes.

a : Axone.

verts de petits appendices connus sous les noms de *dents*, *épines* (CAJAL), *gemmules* ou *appendices pyriformes* (STEFANOWSKA). Ces appendices sont formés par une petite tige excessivement fine,

plus ou moins longue, quelque peu granuleuse, se terminant librement tantôt comme telle *(appendices filiformes)*, FIG. 173A, tantôt par une partie épaissie, ovoïde ou pyriforme *(appendices pyriformes)*, FIG. 173B. Ces appendices manquent complètement sur l'axone, le corps cellulaire et la partie voisine des gros troncs protoplasmatiques, FIG. 171.

Dans certaines conditions pathologiques et expérimentales, ces appendices font complètement défaut. Les prolongements protoplasmatiques, au lieu d'avoir des contours réguliers, sont parsemés de varicosités, de nodosités ou de perles plus ou moins volumineuses, FIG. 172 et 173C. Ces nodosités, signalées d'abord par DOGIEL et RENAUT dans les cellules nerveuses de la rétine, constituent ce que ce dernier auteur a désigné sous le nom d'*état perlé* des dendrites.



FIG. 174.

Petite cellule pyramidale de l'écorce cérébrale.
Les prolongements protoplasmatiques présentent l'état moniliforme avec disparition des appendices.



FIG. 173.

A. Partie d'un tronc protoplasmatique garni d'appendices filiformes.
B. Partie d'un tronc protoplasmatique garni d'appendices pyriformes.
C. Partie d'un tronc protoplasmatique en état moniliforme.

Demoor (12), qui les a étudiées principalement sur les cellules pyramidales de l'écorce cérébrale, donne à cet état particulier des dendrites le nom d'*état moniliforme des neurones.*



Fig. 172.

Partie d'un tronc protoplasmatique en état moniliforme avec appendices filiformes et pyriformes.

Entre ces deux états extrêmes, fig. 171 et 172, on trouve un état intermédiaire caractérisé à la fois par la présence des appendices et par la présence des nodosités, fig. 174.

Dans quelles conditions observe-t-on l'état moniliforme ?

Demoor l'a décrit dans les cellules corticales de chiens soumis à l'action de la morphine, de l'hydrate de chloral, du chloroforme et de l'électricité. Stefanowska (13), en étudiant l'influence qu'exercent sur les cellules corticales l'anesthésie par l'éther, l'asphyxie par le gaz d'éclairage et l'électrisation directe, a constaté que ces diverses causes amènent non seulement l'état moniliforme des dendrites, mais encore la disparition des appendices pyriformes. Ces deux modifications des dendrites marcheraient toujours de pair : l'état perlé n'étant, pour Stefanowska, que la conséquence directe de la disparition des appendices. Manouélian (14), travaillant dans le laboratoire de Math. Duval, signale également ces deux phénomènes dans les neurones de souris surmenées. Querton (15) les a vu survenir dans les cellules corticales d'animaux tués par le froid ou soumis à des excitations douloureuses et prolongées. Il considère cependant ces deux phénomènes comme indépendants l'un de l'autre. Concomitants à la suite de fortes excitations, ils sont consécutifs chez les animaux engourdis par le froid. Les appendices se rétractent plus tard que le prolongement qui les porte.

Les conditions expérimentales qui déterminent cet état monili-

forme ne semblent cependant pas encore nettement déterminées, puisque AZOULAY (16) n'a rien constaté d'anormal dans les cellules corticales d'une souris blanche soumise pendant une heure à l'action de l'éther. LUGARO (17) a obtenu le même résultat négatif sur un lapin soumis pendant deux heures à une profonde narcose par l'injection d'un mélange de morphine et de chloral. Dans les recherches spéciales entreprises dans notre laboratoire, SOUKHANOFF (18) est arrivé aux mêmes résultats négatifs sur des animaux tués par l'éther, le chloroforme et l'alcool, résultats qui se trouvent confirmés par des recherches plus récentes encore de LUGARO (19).

L'état moniliforme des dendrites a encore été signalé par plusieurs auteurs dans nombre d'états pathologiques et dans les intoxications expérimentales les plus variées. C'est ainsi que SOUKHANOFF a vu survenir cet état perlé des dendrites et la disparition des appendices pyriformes, dans les cellules corticales, après la ligature des deux artères carotides (20), dans les empoisonnements par le trional et par l'arsenic, dans l'intoxication par la rage et la tuberculine et chez les animaux privés de corps thyroïde (21). De plus, tous les auteurs signalent que, même chez l'animal sain et au repos, on trouve toujours dans son écorce cérébrale, par ci par là, un élément nerveux dont les dendrites présentent l'état perlé.

Quelle est la signification de cet état moniliforme?

MATHIAS DUVAL et ses élèves considèrent l'état moniliforme des dendrites comme la résultante d'un véritable amiboïsme des cellules nerveuses. Pour ces auteurs, les prolongements dendritiques seraient doués de mouvements amiboïdes.

Pour DEMOOR, l'état moniliforme représente le mode de réaction spéciale de la cellule nerveuse à l'égard des excitants. Le protoplasme des neurones est irritable et réagit comme tout protoplasme. L'état moniliforme est l'expression anatomique ou, comme dit DEMOOR, l'extériorisation de cette réaction cellulaire.

Cet état moniliforme provoquerait, d'après lui, des modifications considérables dans les contacts entre les neurones; aussi arrive-t-il à se demander si nous ne trouverions pas dans ces faits une explication de la fatigue, du surmenage et du sommeil. Sous l'influence des excitations de tout genre, l'état moniliforme surviendrait insensiblement dans nos cellules corticales, d'abord dans les ramifications terminales des dendrites pour se propager ensuite insensiblement vers le corps cellulaire. Cet état moniliforme, en raccourcissant les prolongements,

suspendrait les contacts entre neurones distincts amenant ainsi le repos ou le sommeil.

STEFANOWSKA pense que « c'est par l'intermédiaire des appendices pyriformes que s'effectuent les contacts entre les prolongements des neurones cérébraux ». Pour elle, l'excitation directe ou indirecte de l'écorce cérébrale entraînerait la diminution et même la disparition complète des appendices pyriformes. L'état perlé ou moniliforme des dendrites, qui en est la conséquence, représenterait, chez l'animal adulte, un stade de repos ou d'arrêt de la fonction pouvant résulter soit de la fatigue, soit de l'empoisonnement par diverses substances.

SOUKHANOFF estime que l'état moniliforme des dendrites doit être considéré comme une lésion particulière des cellules corticales, comme une espèce de dégénérescence spéciale ou d'atrophie due à un trouble de la nutrition.

QUERTON a d'abord constaté que l'état moniliforme fait complètement défaut chaque fois que l'on examine les cellules corticales d'un animal tué pendant une période de repos, subissant le minimum d'excitation. Au contraire, l'état moniliforme des dendrites se montre dès que l'animal a passé par une période d'excitation. Le degré de cet état moniliforme est en quelque sorte l'expression fidèle de l'intensité de l'excitation subie.

Pour rechercher la part précise qu'il convient d'attribuer à cet état moniliforme dans le sommeil, QUERTON a examiné les cellules corticales de marmottes et de loirs décapités brusquement pendant le sommeil hivernal. Il a trouvé les appendices largement étalés sur toutes les grosses branches protoplasmatiques. Ils étaient, au contraire, partiellement ou même complètement rétractés sur les branches terminales du panache des cellules pyramidales et remplacés par des renflements plus ou moins volumineux de ces dendrites elles-mêmes.

QUERTON conclut de ses recherches que les excitations physiologiques internes et externes provoquent la contraction des cellules de l'écorce. Cette contraction se manifeste au dehors tantôt par l'aspect variqueux des dendrites et la disparition partielle des appendices, tantôt par l'état moniliforme des dendrites et la disparition complète des appendices suivant le degré plus ou moins intense de l'excitation. Ces modifications commencent par les ramifications protoplasmatiques les plus fines et, de là, envahissent insensiblement les ramifications plus grosses pour finir par atteindre les parties voisines du corps cellu-

laire et enfin le corps cellulaire lui-même. Les excitations violentes et prolongées provoquent la fragmentation du protoplasme des dendrites.

Les appendices pyriformes sont donc rétractiles. Ils ne servent pas uniquement à multiplier les contacts avec d'autres neurones, puisqu'on les trouve largement étalés chez les animaux tués pendant le sommeil hivernal. Aussi QUERTON se demande si ces appendices ne pourraient pas servir également à la nutrition de la cellule. La rétraction de ces appendices n'est pas suffisante à elle seule à amener la suspension des contacts entre les neurones et par suite le repos des cellules de l'écorce ou le sommeil. Ce qui détermine l'état de sommeil, c'est, d'une part, la rétraction des prolongements cellulaires sous l'influence des excitations; d'autre part, l'épuisement du neurone tout entier à la suite d'un long travail se traduisant au dehors par une consommation de chromatine et une rétraction permanente des prolongements.

LUGARO estime que toutes ces expériences prêtent le flanc à la critique. Pour éliminer autant que possible toute cause d'erreur et pour obtenir des préparations de cellules corticales comparables entre elles, LUGARO a tué tous ses animaux par l'injection intracarotidienne du liquide fixateur de COX.

Il résulte de ses recherches que les animaux, endormis lentement et sans excitation aucune par les inhalations d'éther ou de chloroforme ou par l'injection intrapéritonéale d'hydrate de chloral, ne présentent dans leurs cellules corticales ni rétraction des appendices, ni l'état moniliforme. Sous ce rapport les recherches de LUGARO confirment pleinement les observations faites dans notre laboratoire par SOUKHANOFF.

Chez les animaux tués à l'état de veille par l'injection intracarotidienne du liquide de COX, on constate une disparition notable des appendices sur un grand nombre de ramifications dendritiques, ainsi que la présence de quelques rares prolongements variqueux. Chez les animaux soumis à une excitation assez vive, comme celle déterminée par l'injection intrapéritonéale de chlorhydrate de morphine, les varicosités sont beaucoup plus nombreuses, elles coexistent avec les appendices.

LUGARO conclut de ses recherches que, dans l'état de repos complet, les varicosités font défaut et les appendices sont nombreux et largement étalés; que la rétraction des épines est l'expression

de l'activité cellulaire, tandis que l'apparition des varicosités sur les ramifications protoplasmatiques terminales est l'expression de la fatigue.

Quant aux varicosités signalées par les auteurs sur les gros troncs protoplasmatiques, il les considère comme devant être attribuées à une insuffisance de la fixation des pièces dans le liquide osmio-bichromique.

Cet état moniliforme des fines dendrites n'a, d'après LUGARO, aucune part dans le mécanisme de l'activité psychique normale. Elle est sans importance aucune dans le mécanisme du sommeil. LUGARO estime d'ailleurs que la caractéristique des cellules corticales au repos, c'est l'expansion générale de tous les appendices.

Vous voyez donc, par tout ce qui précède, que nous sommes loin encore de pouvoir nous former une idée sur la valeur fonctionnelle des différents états morphologiques que l'on a signalés pour les cellules de l'écorce. Ce qui nous paraît incontestable, c'est que les appendices représentent une disposition normale des dendrites de ces cellules, contrairement à l'opinion de certains auteurs qui croient y voir des productions artificielles (KÖLLIKER (22), S. MEYER (23), etc.). Dans les cellules corticales complètement au repos, ces appendices sont longs et d'épaisseur uniforme conformément aux observations de QUERTON et de LUGARO. Nous les appelons dans ce stade : *appendices filiformes*, FIG. 173A. Ce qui nous paraît démontré aussi, c'est que dans certaines conditions expérimentales ces appendices, plus courts, ont modifié leur forme ; dans ce stade ils sont généralement terminés par un renflement ovoïde et le nom d'*appendices pyriformes* est pleinement justifié, FIG. 173B. Ils peuvent même finir par disparaître complètement. Pendant que ces modifications surviennent dans les appendices, les dendrites perdent leurs contours réguliers pour prendre successivement l'état variqueux, FIG. 174, puis l'état moniliforme, FIG. 173C, sans que l'on puisse, avec CAJAL, considérer ces états comme une altération due à un défaut de fixation. Quant à savoir si cette disparition des appendices et cet état moniliforme des dendrites sont dus à des mouvements actifs de la cellule corticale, comme le croient DUVAL, DEMOOR, STEFANOWSKA, QUERTON et d'autres, ou bien comme des altérations résultant d'un trouble de la nutrition, comme le pense SOUKHANOFF, c'est là une question que nous n'oserions trancher dans l'état actuel de la science.

Ce qui montre d'ailleurs toute la difficulté du problème et

l'extrême réserve avec laquelle il faut accueillir les résultats des recherches faites sur l'état moniliforme des neurones, ce sont les résultats que, dans un travail récent, le Dr Havet (24) a publiés sur l'état moniliforme des dendrites chez les animaux inférieurs. Cet auteur admet, d'accord avec les observations faites dans le laboratoire de Heger et sans tenir compte de celles publiées par Lugaro, que l'état moniliforme est plus prononcé chez les animaux soumis à l'action de l'éther et du chloroforme. Mais, chose étrange, il n'a pas seulement constaté, sous l'influence de ces narcotiques, la rétraction des appendices mais même la *disparition plus ou moins grande des expansions protoplasmatiques !* D'autre part, dans un travail publié par Odier (25) nous trouvons l'affirmation que, dans la moelle épinière d'un lapin et d'un cobaye tués par électrocution, cet auteur a observé la rétraction presque complète de tous les prolongements dendritiques des cellules motrices de la corne antérieure! Si l'on continue dans cette voie, — pour peu que l'imprégnation par le chromate d'argent soit un peu moins complète — on en viendra bientôt à admettre que les vapeurs de chloroforme et d'éther ou bien l'influence d'un courant induit quelconque peuvent faire disparaître, comme par enchantement, les cellules nerveuses dans leur totalité.

Une question qu'il nous reste encore à traiter est celle de l'origine des prolongements d'une cellule nerveuse. D'où viennent les prolongements protoplasmatiques et d'où vient le prolongement cylindraxile ? L'étude du mode de développement des cellules nerveuses peut seule répondre à cette double question.

Nous avons vu que, pendant les premiers jours de la vie intra-utérine, tout le système nerveux central et périphérique est réduit au canal neural primitif. La paroi de ce canal provient de l'ectoderme ; elle est constituée tout d'abord par une seule rangée de cellules épithéliales dont la longueur occupe toute l'épaisseur de la paroi.

Le développement de ces cellules épithéliales a été étudié particulièrement par His (26) chez l'embryon humain, par Cajal (27), v. Lenhossek (28) et Retzius (29) chez l'embryon du poulet et sur des embryons d'ophidiens (Retzius).

Entres les extrémités internes de ces cellules cylindriqnes se trouvent des cellules plus petites, sphériques, en voie de division caryocinétique très active, fig. 175. His n'a pu établir exactement l'origne de ces cellules internes. Il leur a donné le nom de *cellules germinatives.* Ces deux espèces de cellules sont, à cette époque, les

seuls éléments constitutifs de tout le système nerveux. Elles ont des destinées toutes différentes : les cellules germinatives vont devenir les éléments essentiels du tissu nerveux ou les neurones, tandis que les cellules épithéliales produiront dans la suite les éléments de soutien : les cellules épendymaires et les cellules de neuroglie.

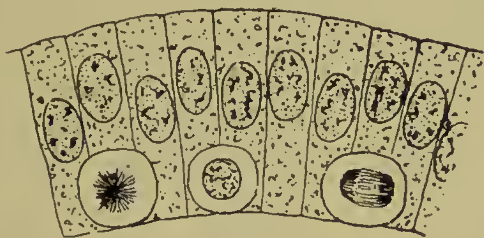


FIG. 175.
Coupe de la paroi du canal neural primitif (d'apres HIS).

Tant que les cellules internes restent sphériques, elles sont aptes à se multiplier par voie de cinèse et elles conservent le nom de cellules germinatives. Mais, à un moment donné du développement embryonnaire, moment variable d'ailleurs de cellule à cellule, la multiplication s'arrête, la cellule modifie ses contours : de sphérique, elle devient pyriforme, FIG. 176. A partir de ce moment elle n'est plus apte à se diviser; elle cesse d'être une cellule germinative pour devenir un *neuroblaste*, c'est-à-dire une cellule du système nerveux embryonnaire qui va donner naissance, en se transformant, à un élément nerveux ou à un neurone. La partie effilée de ce neuroblaste va s'allonger de plus en plus et se transformer en prolongement cylindraxile. Ainsi que CAJAL l'a démontré chez l'embryon de poulet, ce prolongement unique porte, à son extrémité libre, une partie épaissie appelée *cône de croissance*, FIG. 177 et 178. Par ce cône, ce prolongement s'insinue entre les cellules épithéliales et les neuroblastes qui l'entourent et il s'allonge au fur et à mesure qu'il s'éloigne de sa cellule d'origine jusqu'à ce qu'il ait atteint l'endroit où il doit se terminer : un muscle, quand il s'agit d'un élément nerveux moteur périphérique ; une partie quelconque de l'axe cérébro-spinal, quand il s'agit du prolongement d'un élément nerveux central. De ce prolongement cylindraxile partent, chez

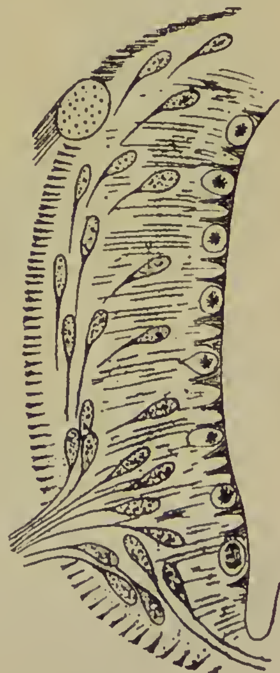


FIG. 176.
Transformation des cellules germinatives en neuroblastes (d'après HIS).

l'adulte, un grand nombre de branches collatérales; dans le cours du développement chacune de ces collatérales est pourvue également d'un cône de croissance par lequel elle s'insinue entre les éléments nerveux voisins, ainsi que nous avons pu le démontrer (30) d'une façon indiscutable pour toutes les collatérales des fibres de la substance blanche, dans la moelle épinière de jeunes couleuvres *(Tropidonotus natrix)*.

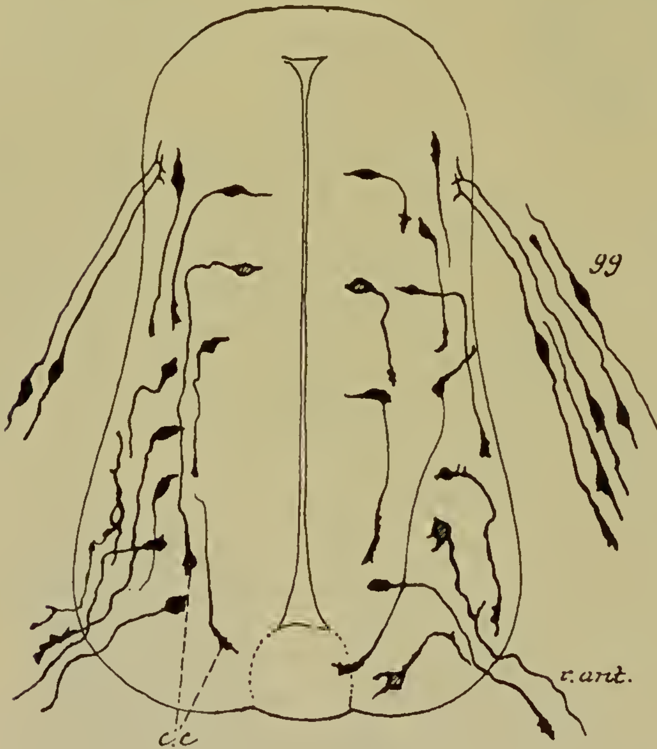


FIG. 177.

Coupe de la moelle d'un poulet au troisième jour d'incubation (d'après RAMON Y CAJAL).

g. g. : Ganglion spinal.
c. c : Cônes de croissance.
r. ant : Racine antérieure.

Le prolongement unique d'un neuroblaste devient donc le prolongement cylindraxile de l'élément nerveux auquel le neuroblaste va donner naissance; ce prolongement cylindraxile lui-même va devenir le cylindre-axe d'une fibre nerveuse soit périphérique, soit centrale.

Une fibre nerveuse ne peut donc plus être regardée, comme on l'a cru pendant longtemps et comme certains auteurs [APATHY, (31) DOHRN (32), PALADINO (33)] le croient encore actuellement, comme le résultat de la fusion d'un grand nombre de cellules placées bout à bout, dont chacune correspondrait, chez l'adulte, au segment inter-annulaire d'une fibre nerveuse et aurait produit, en se transformant, le cylindre-axe, la gaine de myéline, la membrane de SCHWANN et le noyau de ce segment inter-annulaire.

La fibre nerveuse ne représente dans sa partie essentielle, le cylindre-axe (et probablement aussi dans sa gaine de myéline), que le prolongement d'une cellule nerveuse.

Ce fait fondamental a été découvert par BIDDER et KUPFFER (34) en 1857, mais il a fallu les recherches embryologiques de His pour mettre ce fait en pleine lumière. Cette doctrine de KUPFFER-HIS a été acceptée par VIGNAL (35) en 1883 et a reçu une confirmation pleine et entière par les recherches faites, dans ces dernières années, au moyen de la méthode de GOLGI.

Ce qui prouve d'ailleurs que le cylindre-axe d'une fibre nerveuse est une partie constituante de la cellule dont elle dépend et non pas un élément étranger venu du dehors pendant le cours du développement et n'ayant pénétré que secondairement dans le corps de la cellule ganglionnaire (APATHY) — c'est que la lésion de ce cylindre-axe retentit profondément sur la cellule d'origine et y détermine des troubles plus ou moins graves en rapport avec la gravité de la lésion cylindraxile elle-même, ainsi que nous le verrons plus loin.

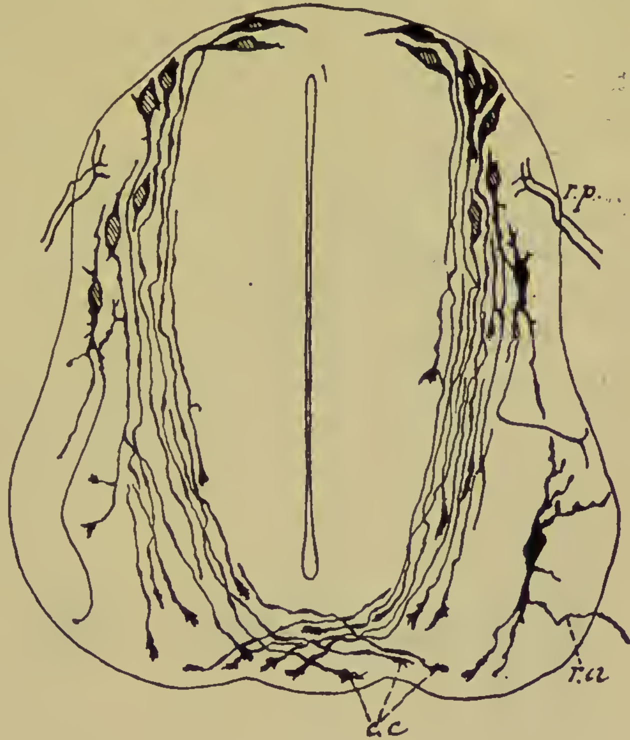


FIG. 178.

Coupe d'une moelle embryonnaire de poulet au quatrième jour d'incubation (d'après RAMON Y CAJAL).

r. p. : Racine postérieure.
r. a. : Racine antérieure.
c. c. : Cônes de croissance.

Ce prolongement spécial de la cellule nerveuse peut atteindre jusque plus d'un mètre de longueur, puisqu'il y a des fibres nerveuses qui ont leurs cellules placées dans l'écorce cérébrale et qui trouvent leur terminaison dans le cône médullaire et d'autres qui ont leurs cellules dans le cône médullaire et dont les ramifications terminales s'étendent jusque dans les muscles de la plante des pieds.

On ne connaît pas encore l'origine de la gaine de SCHWANN, qui, entre deux étranglements de RANVIER, enveloppe le cylindre-axe et la gaine de myéline ; de même qu'on ignore l'origine du noyau des

segments inter-annulaires. Ces parties de la fibre nerveuse proviennent probablement d'un élément étranger au tissu nerveux qui, dans le cours du développement, est venu envelopper le cylindre-axe avec sa gaine de myéline.

En même temps que le prolongement unique du neuroblaste se transforme en prolongement cylindraxile, on voit le corps lui-même du neuroblaste prendre des contours irréguliers : sa surface devient bosselée, puis épineuse; chacune de ces épines va s'allonger à son tour, se diviser et se subdiviser et se transformer enfin en prolongements protoplasmatiques.

C'est là le mode de transformation du neuroblaste soit en un élément nerveux moteur périphérique, soit en un élément nerveux central. Les éléments nerveux sensitifs périphériques ont une origine quelque peu différente de celle que nous venons de décrire.

Nous devons à HIS cette découverte importante : c'est que les fibres nerveuses sensitives périphériques des vertébrés n'ont pas leurs cellules d'origine dans l'axe cérébro-spinal, mais proviennent de cellules situées en dehors de cet axe, dans les ganglions cérébro-spinaux. Ces cellules elles-mêmes proviennent d'ailleurs de l'ectoderme comme tout le reste du système nerveux. Dans les premiers jours du développement ces cellules sont fusiformes; dans la suite, les deux pôles de chaque cellule s'allongent considérablement : l'un devient le prolongement interne qui pénètre dans l'axe cérébro-spinal où il se termine; l'autre devient le prolongement externe qui se rend vers les parties périphériques du corps et étale ses ramifications terminales dans tous les organes et tous les épithéliums.

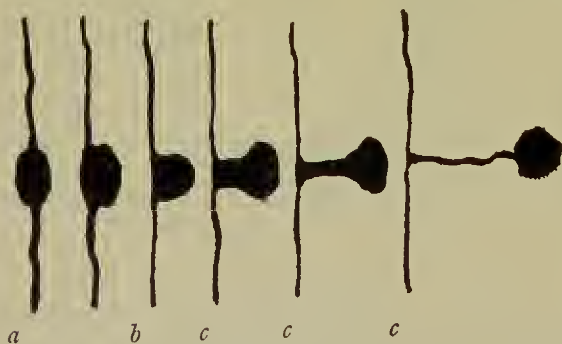


FIG. 179.

Transformation d'une cellule bipolaire en cellule unipolaire (figure schématique).

a : Cellule opposito-bipolaire.
b : Cellule gemmipolaire.
c : Cellule unipolaire. Le prolongement unique n'est qu'une partie modifiée du corps cellulaire primitif.

Ces cellules, primitivement bipolaires et opposito-polaires chez tous les vertébrés et dans tous les ganglions que l'on trouve sur le trajet des nerfs périphériques, FIG. 179 et 180, *a*, conservent quelque-

fois, chez l'adulte, leur forme primitive. Il en est ainsi pour les cellules bipolaires de la muqueuse olfactive dont l'ensemble peut être considéré comme constituant un ganglion olfactif et pour les cellules des divers ganglions qui existent sur le trajet du nerf acoustique. Il en est de même pour les cellules de tous les ganglions cérébro-spinaux de quelques poissons. Dans l'immense majorité des cas cependant, ces cellules bipolaires, dans le cours du développement, se transforment en cellules unipolaires. Cette transformation ne se fait pas par la rencontre et la fusion intime, sur une longueur variable, des deux prolongements primitivement indépendants; mais elle est due, ainsi que v. LENHOSSEK (37) et un de nos élèves, I. MARTIN (38), l'ont fait ressortir, à un développement irrégulier du corps de la cellule nerveuse. Cette cellule se développe principalement du côté tourné vers la périphérie du ganglion. Ce développement unilatéral du corps cellulaire a pour conséquence immédiate de transformer la cellule opposito-bipolaire en une cellule gemmipolaire, FIG. 179 et 180, *b*, c'est-à-dire une cellule dont les deux prolongements indépendants naissent dans le voisinage plus ou moins immédiat l'un de l'autre. Ce développement unilatéral du corps cellulaire continuant sa marche, la partie interposée entre le corps et le point d'origine des deux prolongements s'allonge en même temps qu'elle se rétrécit, FIG. 179 et 180, *c*; c'est cette partie étirée du *protoplasme cellulaire* qui va devenir, en se transformant, le prolongement unique de la cellule nerveuse. Pendant cette transformation

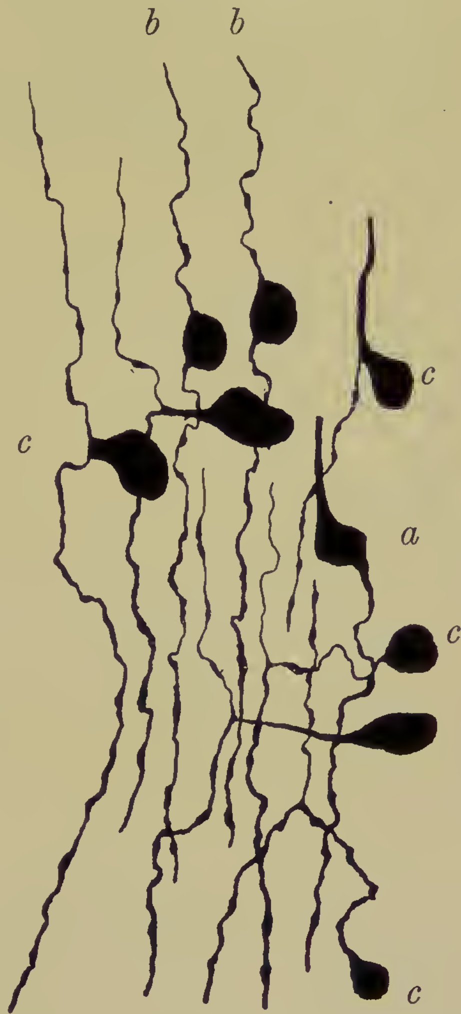


FIG. 180.
Transformation des cellules bipolaires en cellules unipolaires dans le ganglion de GASSER d'un embryon de cobaye.

a : Cellule opposito-bipolaire.
b : Cellule gemmipolaire.
c : Cellule unipolaire.

d'une cellule bipolaire en une cellule unipolaire, les deux prolongements primitifs restent donc ce qu'ils étaient, c'est-à-dire indépendants l'un de l'autre ; ce qui se modifie c'est le corps de la cellule nerveuse et c'est cette modification du corps cellulaire qui fait que, chez l'adulte, les deux prolongements semblent provenir de la bifurcation d'un prolongement unique. Ils proviennent en réalité, ainsi que le montre le développement embryologique, d'*une partie modifiée de protoplasme cellulaire.*

Le but de cette transformation nous échappe complètement. CAJAL (37) a cru y voir une disposition spéciale ayant pour but de raccourcir considérablement le temps de conduction de l'excitation recueillie par le prolongement périphérique. Le savant espagnol admet, en effet, que les ébranlements nerveux amenés par le prolongement périphérique se rendent directement dans le prolongement central, sans passer par le corps cellulaire. Nous avons montré plus haut que le corps de la cellule unipolaire intervient incontestablement dans la fonction de conduction des ébranlements recueillis par les prolongements périphériques. L'hypothèse de CAJAL tombe donc devant les faits.

De cette genèse de toutes les parties de l'élément nerveux aux dépens du neuroblaste primitif, nous pouvons tirer avec HIS cette conclusion importante : toute cellule nerveuse constitue le *centre génétique* de toutes les parties qui dépendent d'un élément nerveux.

On sait depuis longtemps que quand on sépare une fibre nerveuse de sa cellule d'origine, cette fibre dégénère dans son bout périphérique tandis que son bout central reste intact. Ce fait a été mis en lumière pour la première fois, en 1852, par WALLER (40). La dégénérescence du bout périphérique porte le nom de *dégénérescence Wallérienne.* Cette dégénérescence s'explique aisément, puisque le bout périphérique sectionné ne représente en réalité qu'un morceau du prolongement cylindraxile d'une cellule nerveuse. Séparé de la cellule qui lui a donné naissance, ce bout de cylindre-axe meurt comme une branche d'arbre sectionnée de son tronc. Le bout central, au contraire, reste en vie, parce qu'il continue à être en relation avec la cellule dont il provient. Et non seulement le bout central reste en vie, mais il s'allonge, il se remet à croître comme le prolongement d'un neuroblaste. On admet généralement aujourd'hui que, si les tissus environnants ne s'opposent pas à sa croissance, ou bien si on favorise la progression du bout central au moyen d'un drain (un tube d'os décal-

cifié) comme le recommande VANLAIR (41), le bout central peut reformer, même dans sa totalité, le bout périphérique dégénéré.

La section d'un nerf périphérique est donc suivie inévitablement de la dégénérescence des fibres du bout périphérique. Cette section n'est cependant pas sans retentir d'une manière profonde sur les cellules d'origne des fibres sectionnées. Ces modifications cellulaires ont été étudiées par un grand nombre d'auteurs ; nous y reviendrons dans notre prochaine leçon.

Cette action spéciale que la cellule nerveuse exerce sur son prolongement cylindraxile s'appelle une *action de nutrition*, une *action trophique*. Elle l'exerce aussi sur ses prolongements protoplasmatiques; ce qui le prouve, c'est que la section d'un nerf sensible cérébro-spinal, faite en dehors du ganglion, amène également la dégénérescence du bout périphérique. Or, nous avons vu que ce prolongement périphérique possède la conduction cellullipète et qu'il doit être considéré comme un prolongement protoplasmatique.

De ces faits nous pouvons tirer cette deuxième conclusion : toute cellule nerveuse constitue le *centre nutritif* ou le *centre trophique* de tous les prolongements qui en dépendent.

Enfin, au point de vue fonctionnel, la cellule nerveuse constitue, au moins chez les mammifères, la partie la plus importante de l'élément nerveux. C'est de la cellule nerveuse que partent les impulsions cellulifuges, c'est à la cellule nerveuse qu'aboutissent les impressions cellulipètes. Les prolongements protoplasmatiques avec leurs ramifications terminales, les prolongements cylindraxiles avec leurs branches collatérales et leurs branches terminales ne sont que des expansions de la cellule elle-même, destinées à mettre celle-ci en contact avec des éléments éloignés, soit pour y recueillir des ébranlements nerveux et les transmettre à la cellule dont ils proviennent (prolongements protoplasmatiques), soit pour porter à des éléments voisins un ébranlement nerveux venu de la cellule elle-même (prolongement cylindraxile). La cellule nerveuse constitue, au point de vue fonctionnel, le véritable *centre d'action* de l'élément nerveux.

Ainsi se trouve confirmée cette loi énoncée par HIS (42) en 1888 : toute cellule nerveuse constitue, pour toutes les parties qui dépendent de l'élément nerveux correspondant, le centre génétique, le centre nutritif et le centre fonctionnel.

Littérature.

(1) Rabl-Ruckhard : *Sind die Ganglienzellen amöboid?* Neurolog. Centralbl., nº 7, 1890. — (2) Mathias Duval : *Hypothèses sur la physiologie des centres nerveux : théorie histologique du sommeil.* Comptes-rendus de la Soc. de Biologie, 2 Fév. 1895, pp. 74-77. — *Remarques à propos de la communication de M. Lépine.* Ibid., pp. 86-87. — (3) Lépine : *Un cas d'hystérie à forme particulière.* Revue de Médecine, 1894. — *Théorie mécanique de la paralysie hystérique, du somnambulisme, du sommeil naturel et de la distraction.* Comptes-rendus de la Soc. de Biol., 9 Févr. 1895, pp. 85-86. — (4) Kölliker : *Kritik der Hypothesen von Rabl-Rückhard und Duval über amœboide Bewegungen der Nenrodendren.* Sitzungsber. der Würzb. Phys.-Medic. Gesellschaft, 9 Mars 1895. — (5) Cajal : *Algunas conjeturas sobre el mecanismo anatomico de la ideacion, associacion y atencion.* Revista de Medicina y Cirugia practica, 1895. — (6) Ed. Pergens : *Action de la lumière sur les éléments nerveux de la rétine.* Communication faite par Heger. Bulletin de l'Acad. royale de médecine de Belgique, T. X, 1896, pp. 167-173. — (7) Vas : *Studien über den Bau des Chromatins in der sympathischen Ganglienzellen.* Arch. f. mikr. Anat., Bd. XL, 1892. — (8) Mann : *Histological changes induced in sympathetic, motor and sensory nerve cells by functional activity.* Journal of Anat. and Phys., Bd. XXIX. — (9) Lugaro : *Sulle modificazioni delle cellule nervose nei diversi stati funzionali.* Le sperimentale, Anno XLIX, 1895. — (10) Tanzi : *I fatti e le induzioni nell' odierna istologia del sistema nervoso.* Rivista sperimentale di freniatria. T. XIX, 1893. — (11) Renaut : *Sur les cellules nerveuses multipolaires et la théorie du neurone de Waldeyer.* Bull. de l'Acad. de méd., Paris, 1895. — (12) Demoor : *La plasticité morphologique des neurones cérébraux.* Archives de Biologie, t. XIV, 1896. — *La plasticité des neurones et le mécanisme du sommeil.* Bull. de la Société d'anthropologie de Bruxelles. 27 Avril 1896. — *Communication préliminaire sur les neurones olfactifs.* Bull. de la Société des Sciences médicales et naturelles de Bruxelles, 1898. — *Le mécanisme et la signification de l'état moniliforme des neurones.* Travaux de laboratoire de l'Institut Solvay, 1898. — (13) Stefanowska : *Les appendices terminaux des dendrites cérébraux et leurs différents états physiologiques.* Travaux de l'Institut Solvay, 1897. — (14) Manouelian : cité par Math. Duval : *L'amœbisme du système nerveux et la théorie du sommeil.* Revue scientifique, 12 Mars 1898, et par Deyber : *Etat actuel de la question de l'amœbisme nerveux.* Thèse de Paris, 1898. — (15) Querton : *Le sommeil hibernal et les modifications des neurones cérébraux.* Travaux de laboratoire de l'Institut Solvay, 1898. — (16) Azoulay : *Psychologie histologique et texture du système nerveux.* Année psychologique, 1895. — (17) Lugaro : *Nuovi dati et nuovi problemi nella patologia della cellula nervosa.* Rivista di patologia nervosa e mentale. Vol. I, 1896. — (17) Soukhanoff : *Contribution à l'étude des modifications que subissent les prolongements denditriques des cellules nerveuses sous l'influence des narcotiques.* La Cellule, t. XIV, 1898. — (18) Lugaro : *Sulle modificazioni morfologische funzionali dei dendriti delle cellule nervose.* Rivista di patologia nervosa e mentale, Août 1898. — (20) Soukhanoff : *Contribution à l'étude des modifications des cellules nerveuses de l'écorce cérébrale dans l'anémie expérimentale.* Journal de Neurologie, 1898. — (21) Soukhanoff : *L'anatomie pathologique de la cellule nerveuse en rapport avec l'atrophie variqueuse des dendrites de l'écorce cérébrale.* La Cellule,

1898. — (22) Kölliker : *Handbuch der Gewebelehre des Menschen.* Bd. II, p. 647, 1896. — (23) S. Meyer : *Ueber die Function der Protoplasmafortsätze der Nervenzellen.* Leipzig, 1897. — (24) Havet : *L'état moniliforme des neurones chez les invertébrés avec quelques remarques sur les vertébrés.* La Cellule, t. XVI, 1898. — (25) Odier : *Recherches expérimentates sur les mouvements de la cellule nerveuse de la moelle épinière.* 1898. — (26) His : *Die Neuroblasten und deren Entstehung im embryonalen Mark.* Abhandl. d. mat.-phys. Kl. d. Königl. Sächs. Gesellsch. d. Wiss., Bd. 15, 1889. — (27) Cajal : *A quelle époque apparaissent les expansions des cellules nerveuses de la moelle épinière du poulet.* Anatomischer Anzeiger, 1890. — (28) v. Lenhossek : *Zur Kenntniss der ersten Entstehung der Nervenzellen und Nervenfasern beim Vogelembryo.* Verhandl. des X internat. medic. Kongresses, Berlin 1890, Bd. II. — (29) Retzius : *Zur Kenntniss der ersten Entwicklung der nervösen Elemente im Rückenmarke des Hühnchens.* Biolog. Unters,, Bd. V, 1893. — *Die embryonale Entwicklung der Rückenmarkselemente bei den Ophidiern.* Biolog. Unters., Bd. VI, 1894. — (30) Van Gehuchten : *Contribution à l'étude de la moelle épinière chez les vertébrés.* La Cellule, t. XII, 1897. — (31) Apathy : *Nach welcher Richtung hin soll die Nervenlehre reformirt werden?* Biolog. Centralbl., 1889. — (32) Dohrn : *Studien zur Urgeschichte des Wirbelthierkörpers, Ganglienzelle und Nervenfaser.* Mitth. d. Zool. St., Naples, 1891. — *Die Schwann'schen Kerne der Selachierembryonen.* Anatom. Anzeiger, 1892. — (33) Paladino : *De la continuation de la neuroglie dans le squelette myélinique des fibres nerveuses et de la constitution pluricellulaire du cylindraxe.* Archives ital. de Biol., 1893, pp. 26-32. — (34) Bidder und Kupffer : *Untersuchungen über die Textur des Rückenmarks.* Leipzig, 1857. — (35) Vignal : *Mémoire sur le développement des tubes nerveux chez les embryons des mammifères.* Archives de physiol. norm. et pathol., 1883. — (36) Apathy : *Das leitende Element des Nervensystems und seine topographischen Beziehungen zu den Zellen.* Abdr. aus den Mittheilungen aus der Zool. Station zu Neapel, 1897. — (37) v. Lenhossek : *Zur Kenntniss der Spinalganglien.* Beitrage zur Histologie des Nervensystems und der Sinnesorgane, Wiesbaden, 1894. — (38) I. Martin : *Contribution à l'étude de la structure interne de la moelle épinière chez le poulet et chez la truite.* La Cellule, t. XI, 1r fasc., 1895. — (39) Cajal : *Leyes de la morfologia y dinamismo de las celulas nerviosas.* Revista trim. microgr., 1897. — (40) Waller : *Examen des altérations qui ont lieu dans les filets d'origine du nerf pneumogastrique et des nerfs rachidiens par suite de la section de ces nerfs au-dessus de leurs ganglions.* Comptes-rendus de Paris, 1852. — *Nouvelles recherches sur la régénération des fibres nerveuses.* Comptes-rendus, 1852. — *Sur la reproduction des nerfs et sur la structure et les fonctions des ganglions spinaux.* Müller's Archiv, 1852. — (41) Vanlair : *De la régénération des nerfs périphériques.* Archives de Biologie, 1882. — (42) His : *Zur Geschichte des Gehirns, sowie der centralen und peripherischen Nervenbahnen beim menschlichen Embryo.* Abhandl. d. K. Sächs. Ges. d. Wiss , mathem.-phys. Klasse, 1888.

TREIZIÈME LEÇON

Éléments histologiques qui entrent dans la constitution du système nerveux

(Suite).

Organisation interne des neurones : Structure du protoplasme cellulaire. Méthode de Nissl. Cellules somatochromes et cellules caryochromes. Le type moteur de Nissl. Partie chromophile et partie non chromophile, leur structure et leur valeur physiologique. Le pigment. Le noyau.

Organisation interne des neurones.

Nous n'avons étudié jusqu'ici les cellules nerveuses que dans leur forme extérieure, telles que les met en relief la méthode de GOLGI, laquelle, imprégnant complètement les éléments nerveux, ne nous les présente en quelque sorte que sous la forme de silhouettes. Importante au point de vue de l'étude des connexions qui peuvent exister entre les différents neurones, la méthode au chromate d'argent n'est pas faite pour nous renseigner sur leur organisation interne. Et cependant, l'organisation interne des cellules nerveuses, la constitution de leur corps protoplasmatique, les modifications qu'y déterminent les différents états fonctionnels, les altérations qui doivent y survenir à la suite de la lésion d'une partie quelconque du neurone, à la suite de troubles survenus dans la circulation et par conséquent dans la nutrition des éléments nerveux, la structure spéciale du noyau et les modifications qui peuvent s'y manifester dans les différents états fonctionnels, tous les phénomènes en un mot qui sont intimement liés à la vie de la cellule nerveuse ne peuvent être étudiés que lorsque nous aurons acquis une idée nette, claire et complète de la structure de cette cellule à l'état normal. C'est là un chapitre important de l'anatomie des neurones qui a été étudié principalement dans le cours de ces trois dernières années, sur lequel on passe rapidement dans presque tous les traités classiques et qui mérite cependant au plus haut point de fixer notre attention.

Structure du protoplasme cellulaire.

Nos connaissances concernant la structure interne des cellules nerveuses sont entrées, depuis peu, dans une voie nouvelle et féconde, grâce à l'excellente méthode de coloration au bleu de méthylène que Nissl (1) a fait connaître et qui est connue sous le nom de *méthode de Nissl*.

C'est une méthode de coloration excessivement simple.

Des morceaux frais de tissu nerveux, d'environ un centimètre de diamètre, sont durcis pendant quelques jours dans de l'alcool à 96°. Aprés durcissement, Nissl colle directement les morceaux avec de la gomme arabique sur des blocs de liège d'après le procédé de Weigert, puis les coupe en mouillant constamment le rasoir du microtome avec de l'alcool à 96°. Les coupes d'une épaisseur de 10μ sont transportées dans la solution colorante que l'on chauffe au-dessus d'une lampe à alcool jusqu'à ce que un grand nômbre de bulles d'air viennent éclater à la surface du liquide. Par ce procédé la température à laquelle sont soumises les coupes atteindrait, d'après Nissl, de 65 à 70° C. On lave les coupes dans un mélange d'alcool et d'huile d'aniline jusqu'à ce qu'elles n'abandonnent plus de nuages colorés. Transportées alors sur le porte-objet, on les séche avec du papier à filtrer, on les recouvre rapidement d'huile de cajeput pour les éclaicir, on enlève l'huile avec du papier à filtrer, puis avec quelques gouttes de benzine pour les recouvrir d'une couche de colophane dissoute dans de la benzine. Pour empêcher que la matière colorante ne diffuse dans les coupes, il importe de solidifier aussi vite que possible la colophane. Dans ce but, Nissl passe les coupes dans la flamme d'une lampe à alcool, la benzine s'enflamme ; on éteint de suite la flamme et on recommence le même procédé jusqu'à disparition complète de la benzine.

Ce manuel opératoire donne évidemment de bons résultats, c'est lui que nous avons suivi, dans tous ses détails, pendant nos premiers essais de coloration. Nous l'avons cependant bien vite modifié (2) sans nuire en aucune façon aux résultats qu'il donne.

Contrairement à la manière de faire de Nissl, nous enrobons nos morceaux de tissu nerveux, durcis dans de l'alcool à 96°, dans la paraffine, ce qui nous permet des coupes plus régulières et plus fines. Ces coupes sont fixées sur des verres porte-objets simplement par de l'eau distillée. Quand cette eau est complètement évaporée, nous dissolvons la paraffine dans le xylol, puis nous passons les coupes dans de l'alcool absolu et dans l'alcool à 90°. De là, nous les portons (toujours collées sur les porte-objets) dans la matière colorante et nous les y laissons pendant 5 à 6 minutes à la température ordinaire. Les coupes sont lavées alors dans l'eau distillée, puis portées dans de l'alcool de 90° à 94° pour la différentiation dont nous surveillons la marche au microscope. Quand nous la jugeons convenable, nous portons les porte-objets pendant une minute

environ dans un cristallisoir rempli d'alcool absolu, nous les éclaircissons dans l'huile de cajeput, nous éliminons celle-ci par du xylol et nous montons les coupes dans la laque de DAMMAR dissoute dans le xylol sans les recouvrir d'un petit verre.

Cette modification de la méthode de NISSL rend la manipulation des coupes beaucoup plus facile, elle a d'ailleurs l'immense avantage de conserver les coupes en séries, ce qui, pour certaines questions, est absolument indispensable.

La solution de bleu de méthylène recommandée par NISSL est composée comme suit :

Bleu de méthylène B	3 gr. 75
Savon de Venise (que nous remplaçons par le savon de Marseille)	1 gr. 75
Eau distillée	1000 gr.

Quand on examine au microscope des coupes du névraxe colorées par la méthode de NISSL, on trouve, dans les diverses parties du système nerveux central, deux espèces de cellules nerveuses différentes l'une de l'autre par la façon dont leur protoplasme se comporte vis-à-vis du bleu de méthylène.

Les unes sont colorées à la fois et dans leur noyau et dans leur protoplasme, ce sont les *cellules somatochromes* de NISSL. Les autres n'ont fixé le bleu de méthylène que dans le noyau, tout leur corps cellulaire est invisible parce qu'il ne renferme pas de substance fixant avidement le bleu de méthylène. Ce sont les *cellules caryochromes* de NISSL.

Les cellules caryochromes comprennent tous les éléments nerveux du cervelet, du bulbe olfactif, de la rétine, etc., que l'on désignait anciennement sous le nom de *grains*. Ces cellules caryochromes sont également très répandues dans le névraxe des vertébrés inférieurs. Leur protoplasme cellulaire ne fixant le bleu de méthylène dans aucune de ses parties, l'étude de ces cellules au moyen de la méthode de NISSL ne peut se faire que par l'étude du noyau. Cette étude n'a pas encore été faite jusqu'à présent.

Les cellules nerveuses que l'on a commmencé à étudier avec la méthode de NISSL sont les *cellules somatochromes*, c'est-à-dire les cellules dont le protoplasme est formé d'une substance qui se colore par le bleu de méthylène ou *substance chromophile* et d'une substance qui ne se colore pas par le bleu de méthylène ou *substance non chromophile* (1).

(1) Ces dénominations sont à substituer à celles de substance *chromatique* et substance *achromatique* qui peuvent prêter à confusion, ainsi que FLEMMING (2') l'a fait remarquer.

La substance chromophile, ou *substance tigroïde* de v. LENHOSSEK (6), peut se présenter sous les formes les plus variées. Tantôt ce sont des blocs irréguliers, répartis sans ordre apparent dans



FIG. 181.
Cellule de la corne antérieure de la moelle lombaire d'un enfant né à sept mois.



FIG. 182.
Quelques celllules de la corne antérieure de la moelle épinière d'une larve de salamandre.

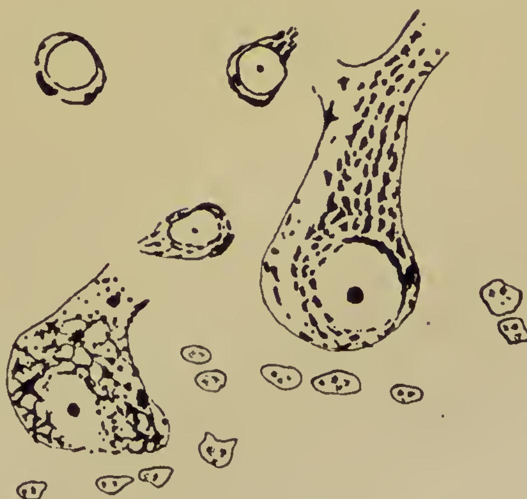


FIG. 183.
Deux cellules de PURKINJE du cervelet d'un lapin.

le corps de la cellule nerveuse, FIG. 181 et 182; d'autres fois ce sont des bâtonnets allongés, fusiformes, placés à une certaine distance l'un à la suite de l'autre et donnant au protoplasme cellulaire un aspect strié, FIG. 183. Ces bâtonnets se rencontrent de préférence dans les gros troncs protoplasmatiques et aussi dans les couches périphériques du protoplasme cellulaire. Dans les cellules fusiformes, on rencontre quelquefois aux deux pôles du noyau un bloc volumineux de substance chromophile recouvrant comme une coiffe ou comme un capuchon la partie voisine du noyau, c'est le *capuchon nucléaire* de NISSL, FIG. 184. Au point de bifurcation des gros troncs protoplasmatiques existe, d'une façon constante, un cône triangulaire de substance chromophile : le *cône de remplissage* (BENDA) ou *cône de bifurcation* (NISSL), FIG. 181. Tous ces amas de substance chromophile peuvent se présenter comme des masses compactes sans apparence de structure, FIG. 181, ou comme des masses plus ou moins granuleuses, à contours irréguliers, souvent creusées de petites vacuoles, FIG. 185; à les voir on les dirait formées d'une accumulation de petites granulations distinctes plus ou moins bien tassées les unes sur les autres.

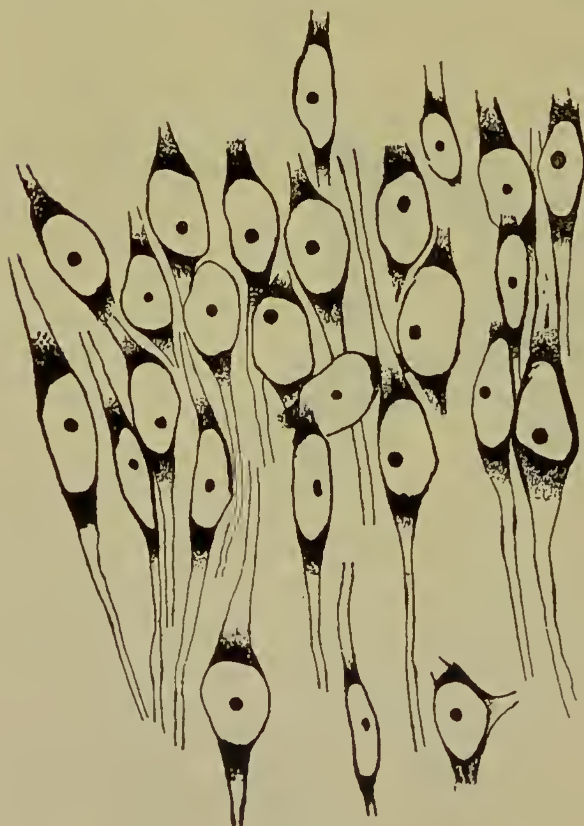


FIG. 184.
Cellules de la corne d'Ammon du lapin.

Dans ce groupe de cellules somatochromes, caractérisées par la disposition des blocs de substance chromophile en rangées plus ou moins régulières et que NISSL désigne sous le nom de *cellules stichochromes*, rentrent toutes les cellules nerveuses de la corne antérieure de la moelle épinière, les cellules radiculaires de tous les nerfs moteurs craniens ainsi qu'un grand nombre d'autres cellules nerveuses.

La substance chromophile se présente quelquefois dans le corps cellulaire sous forme de réseau (*cellules arkyochromes* de Nissl), ou bien sous forme de fines granulations (*cellules gryochromes* de Nissl), ou bien encore à la fois sous forme de réseau et sous forme de masses ou de bâtonnets indépendants (*cellules arkyo-stichochromes*).

. Cette division des cellules somatochromes en groupes différents d'après la disposition spéciale qu'affecte la substance chromophile n'a, jusqu'à présent, qu'une valeur excessivement restreinte. Ce n'est qu'un essai de classification basée sur des caractères morphologiques, essai fait par Nissl dans le but de pouvoir s'orienter quelque peu dans cette infinie variété d'aspects sous lesquels se présentent les cellules colorées par le bleu de méthylène.

Un fait incontestable à nos yeux c'est que les cellules qui appartiennent à un même type se présentent toujours, dans des coupes colorées par la méthode de Nissl, sous le même aspect : toutes les

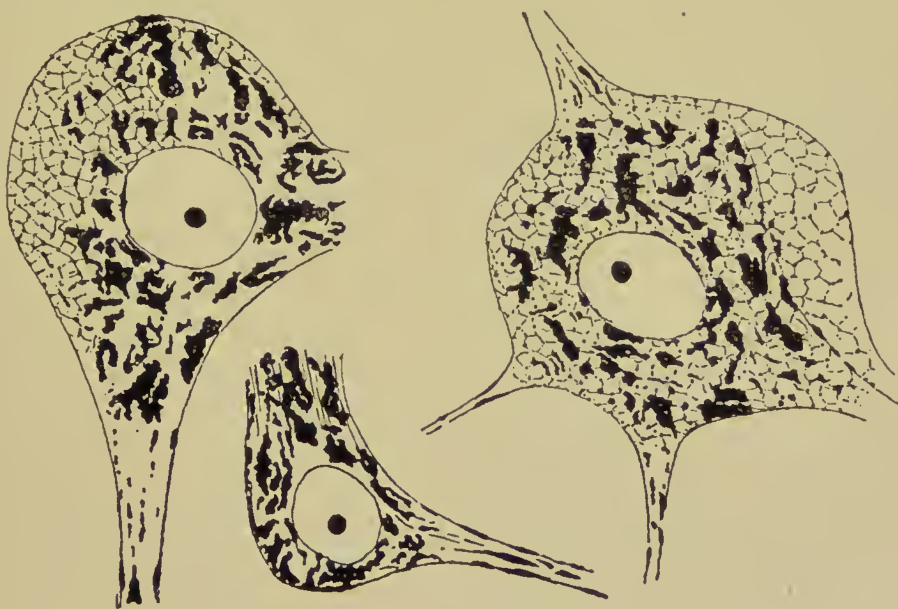


Fig. 185.

Cellules constitutives du noyau d'origine du nerf oculo-moteur commun chez le lapin.

cellules de Purkinje se ressemblent par la façon dont la substance chromophile est répartie dans leur corps cellulaire, il en est de même pour les cellules mitrales du bulbe olfactif, pour les cellules nerveuses de la corne d'Ammon, pour les cellules radiculaires de tous les nerfs moteurs périphériques, etc. On peut supposer qu'à cette différence dans les caractères morphologiques correspond peut-être aussi une différence fonctionnelle. Mais, dans l'état actuel de la science, ce n'est là encore qu'une hypothèse. Si cette hypothèse devait un jour

être l'expression de la réalité, nous aurions, dans la méthode de NISSL, une méthode incomparable puisqu'elle nous donnerait le moyen de distinguer, *de par les caractères morphologiques de leur protoplasme,* les cellules nerveuses à fonction physiologique différente.

Pour bien vous faire saisir l'importance que pourrait avoir une telle découverte, je veux encore, pendant quelques instants, attirer votre attention sur les *cellules motrices*. Qu'appelons-nous actuellement cellules motrices ? Nous considérons comme appartenant à un neurone moteur périphérique toute cellule nerveuse du névraxe dont le prolongement cylindraxile devient le cylindre-axe d'une fibre motrice périphérique et nous considérons comme appartenant à un neurone moteur central toute cellule nerveuse du névraxe dont le prolongement cylindraxile présente une marche descendante et va se mettre en connexion, par ses ramifications collatérales et terminales, avec les cellules d'origine des nerfs moteurs périphériques.

Quand nous examinons au microscope des coupes faites à travers les masses grises du névraxe où se trouvent les cellules d'origine des nerfs moteurs périphériques, ou bien des coupes de la substance corticale du cerveau terminal où se trouvent les cellules d'origine des nerfs moteurs des centres et que nous nous demandons quelles sont — parmi ces nombreuses cellules nerveuses que l'on trouve dans cette substance grise considérée comme motrice — les cellules qui appartiennent à des neurones moteurs, nos méthodes d'investigation actuelles sont encore tellement incomplètes que nous sommes dans l'impossibilité absolue de répondre à cette question.

La seule méthode qui nous permette de donner une réponse catégorique, c'est la méthode de GOLGI et encore ne donne-t-elle cette réponse que pour des moelles embryonnaires, à une époque où les fibres nerveuses sont dépourvues de myéline, et pour les seules cellules nerveuses dont le prolongement cylindraxile a été imprégné sur une longueur suffisante pour pouvoir être poursuivi jusque en dehors du névraxe. Dans une coupe de la moelle épinière traitée par la méthode de GOLGI nous ne pouvons donc considérer comme appartenant à des neurones moteurs que les seules cellules nerveuses dont l'axone peut être poursuivi jusque dans la racine antérieure ou postérieure du nerf spinal correspondant ; pour toutes les cellules voisines, imprégnées ou non dans leur axone, la réponse est impossible.

La difficulté est bien plus grande encore pour les cellules motrices de l'écorce cérébrale. Traitée par la méthode de GOLGI, la substance corticale du cerveau terminal se montre constituée d'un nombre

incalculable de cellules nerveuses dont le plus grand nombre présentent les mêmes caractères morphologiques : des cellules pyramidales pourvues de prolongements protoplasmatiques se ramifiant dans les couches superficielles de l'écorce et d'un prolongement cylindraxile devenant le cylindre-axe d'une fibre de la substance blanche, FIG. 186. Ces cellules pyramidales peuvent être les cellules d'origine de fibres commissurales, de fibres d'association ou de fibres de projection sans que nous soyons en état, dans l'état actuel de la science, de distinguer ces cellules les unes des autres.

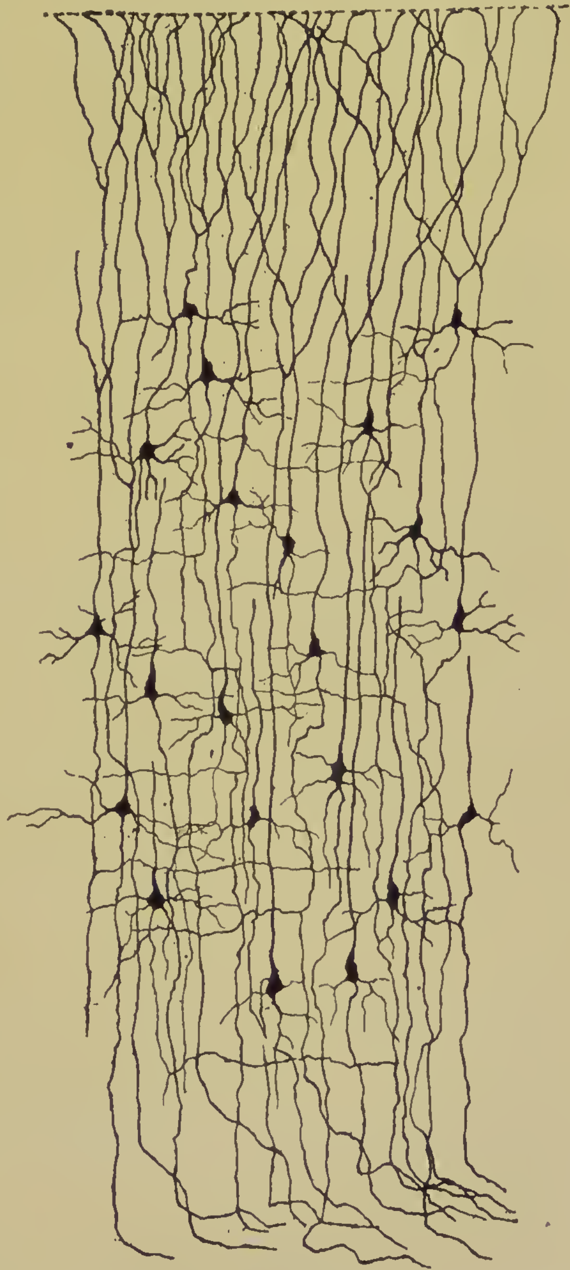


FIG. 186.

Quelques cellules de l'écorce cérébrale d'une souris blanche âgée de neuf jours.

Ce que nous venons de dire des noyaux moteurs du névraxe et de la substance grise corticale du télencéphale, nous pouvons le répéter pour toutes les cellules de toutes les régions grises de l'axe nerveux.

Les méthodes d'investigation que nous avons actuellement à notre disposition ne nous permettent donc pas de distinguer, de par les *caractères morphologiques du protoplasme cellulaire*, les cellules nerveuses qui remplissent des fonctions physiologiques différentes. Bien plus, avec ces méthodes on devait croire et on a cru jusqu'ici que toutes les cellules nerveuses de tout le névraxe, tout en présentant des différences

dans le mode de ramification de leurs prolongements protoplasmatiques et de leur prolongement cylindraxile, avaient la même organisation interne. Et voilà que la méthode de NISSL nous montre, à ne pouvoir en douter, qu'abstraction faite du mode de ramification des prolongements, il existe, dans le système nerveux central, un nombre considérable de types cellulaires différents les uns des autres par le mode de répartition, dans leur corps cellulaire, de la substance chromophile.

Elle nous montre de plus que toutes les cellules que nous connaissons comme remplissant incontestablement la même fonction physiologique — comme le sont, par exemple, les cellules radiculaires des nerfs moteurs périphériques — ont toutes la même organisation interne, totalement différente de l'organisation interne d'autres cellules nerveuses à fonction physiologique différente comme le sont, par exemple, les cellules mitrales du bulbe olfactif, les cellules des ganglions cérébro-spinaux, etc. La méthode de NISSL nous amène donc à cette conclusion : les cellules radiculaires des nerfs moteurs cérébro-spinaux appartiennent manifestement à un type spécial.

La question importante qui se pose maintenant est celle de savoir si ce type spécial est lié *uniquement* et *exclusivement* à la fonction motrice de la cellule nerveuse, si ce type spécial est inséparable de la fonction motrice de telle sorte que, rencontrant, dans n'importe quelle coupe de n'importe quelle partie du névraxe, une cellule du type donné, nous ayons le droit de conclure, sans erreur aucune, que cette cellule est une cellule motrice, abstraction faite de la façon dont peut se comporter le prolongement cylindraxile. NISSL répond affirmativement à cette question. Se basant sur ce fait que les cellules radiculaires des nerfs périphériques présentent, dans toute la série des vertébrés, le même mode de répartition de la substance chromophile, il conclut que cette organisation spéciale est liée intimement à la fonction spéciale. Ces cellules présentent le type moteur et chaque fois que l'on rencontre une cellule de ce type on peut admettre, dit NISSL, qu'elle est en relation avec des fonctions motrices.

Quant à nous, nous croyons que les recherches actuelles sont encore trop incomplètes pour pouvoir admettre dans toute sa rigueur la conclusion de NISSL. Nous avons rencontré, dans nos recherches, le type moteur de NISSL dans presque toutes les cellules nerveuses de la corne antérieure de toutes les coupes de la moelle épinière que nous

avons colorées au bleu de méthylène. Toutes ces cellules de la corne antérieure ne sont cependant pas des cellules radiculaires. La méthode de Golgi nous a appris qu'il existe là à la fois des cellules radiculaires et des cellules des cordons. Pour que la conclusion de Nissl soit vraie, il faut donc admettre que les cellules des cordons de la corne antérieure de la moelle épinière sont en relation avec des fonctions motrices; chose possible, chose probable même mais qui, jusqu'à présent, n'a pas été démontrée. Nous avons rencontré le même type cellulaire dans les noyaux d'origine de tous les nerfs moteurs craniens du lapin. Nous l'avons rencontré également dans des régions grises considérées comme sensitives : noyau principal du nerf acoustique, substance grise voisine de la racine spinale du trijumeau, etc., mais ces faits ne prouvent rien contre la manière de voir de Nissl, puisque, comme nous le verrons plus tard, il existe dans ces masses grises des neurones moteurs, c'est-à-dire des cellules nerveuses dont le prolongement cylindraxile descend dans l'axe cérébro-spinal pour devenir une fibre constitutive du faisceau longitudinal postérieur et se terminer entre les cellules de la corne antérieure de la moelle. Encore faudrait-il démontrer que les cellules du type moteur de Nissl appartiennent à ces neurones à cylindre-axe descendant.

Nous nous contentons donc de signaler l'opinion de Nissl telle qu'elle a été formulée; les recherches ultérieures prouveront si on doit la maintenir ou la rejeter. Les faits connus jusqu'à présent ne sont pas en opposition avec cette opinion, mais nous les jugeons trop peu nombreux pour entraîner une conviction.

Les cellules somatochromes renferment donc, dans leur corps protoplasmatique, deux parties nettement distinctes l'une de l'autre par la façon dont elles se comportent vis-à-vis du bleu de méthylène : une partie chromophile et une partie non chromophile.

Quand on étudie ces deux parties constituantes du protoplasme de la cellule nerveuse sur des matériaux fixés par l'acool ou le sublimé et colorés par le bleu de méthylène, la thionine ou le bleu de toluidine, on voit manifestement que les blocs de substance chromophile ont une structure granuleuse; ils semblent résulter d'une accumulation plus ou moins compacte de granulations distinctes, ainsi que l'admettent de Quervain (3), Benda (4), Juliusburger (5), v. Len-

HOSSEK (6), FLEMMING (7), CAJAL (8), MARINESCO (9) et beaucoup d'autres. Quant à la substance non chromophile du protoplasme cellulaire, elle se montre formée d'une partie organisée en forme de réseau plongeant dans une substance fondamentale homogène [HELD (10), LUGARO (11), CAJAL (8), VAN GEHUCHTEN (12), MARINESCO (9), NELIS (13), etc.] et cela aussi bien dans les cellules nerveuses motrices du névraxe, FIG. 185, que dans les cellules sensitives des ganglions cérébro-spinaux. Les recherches de CAJAL et les nôtres ont établi que la substance chromophile, en se déposant dans le protoplasme de la cellule nerveuse, commence par incruster les points nodaux du réseau mis en relief par les liquides fixateurs. Ces points nodaux, en s'épaississant ainsi par accumulation de substance chromophile et en se fusionnant plus ou moins, peuvent donner naissance à des bâtonnets chromophiles granuleux ou homogènes de longueur variable.

La substance sensible aux couleurs d'aniline peut imprégner également les trabécules du réseau : les granulations chromophiles prennent alors un aspect étoilé. Cette imprégnation ou cette incrustation des points nodaux et des trabécules qui les relient entre eux par la substance chromophile, en devenant plus considérable encore, peut donner naissance à des blocs plus ou moins volumineux; ceux-ci seront granuleux ou homogènes suivant que les mailles circonscrites par ces trabécules auront été incomplètement ou complètement envahies.

D'après cette manière de voir les blocs de substance chromophile ne sont donc pas exclusivement formés par des granulations chromophiles unies entre elles par une substance amorphe comme le pensent NISSL, BECKER (14), V. LENHOSSEK et LUGARO ; mais dans la constitution de chacun de ces blocs, quelque petit qu'il soit, intervient une partie du réseau protoplasmatique. C'est ce réseau qui forme en quelque sorte la charpente de l'élément chromophile. Ce réseau forme d'ailleurs la charpente de tout le protoplasme cellulaire. Arrivé dans les prolongements protoplasmatiques, ce réseau se régularise et donne naissance à des fibrilles granuleuses. Cette régularisation s'accentue encore dans le prolongement cylindraxile, au point de donner naissance à des fibrilles plus ou moins indépendantes.

Cette structure réticulée du protoplasme des cellules nerveuses a été admise par HELD, LUGARO, CAJAL, FLEMMING, nous-même, MARINESCO, NELIS, AUERBACH (15) et beaucoup d'autres auteurs. Elle a été vivement combattue dans ces derniers temps par BETHE (16). En

se servant de méthodes spéciales de fixation et de coloration, cet auteur est parvenu à mettre en évidence, dans le protoplasme des cellules nerveuses des mammifères, des fibrilles complètement indépendantes les unes des autres et pouvant se poursuivre sur une longueur considérable. Ces fibrilles existent aussi bien dans les prolongements protoplasmatiques que dans le prolongement cylindraxile. Arrivées dans le corps cellulaire, les fibrilles des prolongements protoplasmatiques s'écartent les unes des autres pour se rendre soit dans un prolongement protoplasmatique voisin, soit dans le prolongement cylindraxile après avoir traversé la masse de protoplasme qui entoure le noyau (FIG. 187). Ce sont ces fibrilles entrecroisées dans le corps cellulaire qui donnent l'impression d'un réseau ; mais celui-ci n'est qu'une apparence, chaque fibrille reste indépendante sur toute sa longueur sans présenter ni bifurcation, ni anastomoses.

Par ses recherches, BETHE arrive ainsi à admettre, pour le protoplasme des cellules nerveuses, la même structure que celle qui fut décrite il y a près de 30 ans par MAX SCHULTZE (17). En se basant sur des observations faites sur les cellules nerveuses de la corne antérieure du veau examinées à frais dans le sérum sanguin et sur les cellules nerveuses du lobe électrique de la torpille, ce savant a admis l'existence, dans le protoplasme cellulaire et dans les prolongements qui en dépendent, de fibrilles séparées les unes des autres par une substance chargée de séries linéaires de fines granulations. Ces fibrilles, nettement visibles dans les prolongements protoplasmatiques, s'écartent les unes des autres dès leur entrée dans le corps cellulaire et s'y perdent dans le fouillis des fibrilles entrelacées. Il résulte d'une pareille structure, disait M. SCHULTZE, que la cellule nerveuse ne représente rien d'autre que le corps d'origine du prolongement cylindraxile, en ce sens que les fibrilles qui constituent ce prolongement ne proviennent pas de la cellule nerveuse mais des prolongements protoplasmatiques. Ces fibrilles ne prennent donc pas leur origine dans le corps cellulaire ; elles ne font que changer de direction dans ce corps cellulaire pour se rendre soit dans l'axone, soit dans d'autres prolongements dendritiques.

Une structure fibrillaire de la partie non chromophile du protoplasme des cellules nerveuses a encore été décrite par BENDA, NISSL, BECKER, REINKE, DOGIEL (18), COX (19), COLLUCI (20) et d'autres, mais les fibrilles mises en évidence par ces auteurs sont complètement différentes de celles vues par SCHULTZE et BETHE.

A côté des auteurs qui admettent ainsi, dans le protoplasme cel-



FIG. 187.
Deux cellules pyramidales de la circonvolution centrale de l'homme.
(d'après BETHE.)

lulaire, une partie organisée ou structurée soit sous forme de réseau, soit sous forme de fibrilles, il y en a encore d'autres, tel v. LENHOSSEK (6) par exemple, qui ne sont jamais parvenus à se convaincre d'une partie réellement organisée. Pour v. LENHOSSEK, la partie non chromophile du protoplasme cellulaire ne renferme que des granulations fines et brillantes dont la disposition peut être assez régulière pour donner l'apparence d'un réseau à mailles très étroites. Aussi conclut-il de ses recherches que le protoplasme nerveux possède une structure granulo-spongieuse ou mieux encore pseudo-spongieuse sans trace aucune des fibrilles plus ou moins distinctes.

Cette grande divergence entre les auteurs, sur un point aussi important que celui de la structure du protoplasme des cellules nerveuses: ne doit pas nous surprendre. Nous ne devons pas oublier que toutes les recherches sur cette question doivent être faites sur des matériaux fixés par les réactifs les plus divers, soumis ensuite à une série de manipelations et de lavages, à des colorations et des décolorations successives, de telle sorte qu'il nous est impossible de reconnaître, dans les préparations obtenues, ce qui préexiste réellemeut à l'état vivant de ce qui doit être attribué à l'action des réactifs. C'est là une difficulté insurmontable. La structure réticulée du protoplasme cellulaire existe incontestablement dans les coupes provenant de matériaux fixés dans l'alcool ou le sublimé et colorées par le bleu de méthylène. Les fibrilles indépendantes décrites par BETHE existent, avec tout autant d'évidence, dans les coupes provenant de pièces traitées par sa méthode. Laquelle de ces deux structures existe en réalité dans la cellule vivante ? C'est là une question difficile à résoudre puisque, à l'état vivant, le protoplasme des cellules nerveuses ne dévoile aucune structure et se présente simplement comme un amas de granulations.

Ce qui montre d'ailleurs bien toute la difficulté du problème et la part peut-être considérable qui doit revenir aux réactifs dans les différentes structures décrites par les auteurs, ce sont les résultats publiés tout récémment par GOLGI (21) et VERATTI (22) d'une part, par NELIS (23) d'autre part, sur la structure de la partie non chromophile de la cellule nerveuse.

En se servant de sa méthode au chromate d'argent légèrement modifiée, GOLGI et son élève VERATTI sont parvenus à mettre en évidence, dans le corps des cellules nerveuses les plus diverses, une formation réticulaire à larges mailles, FIG. 188, dont ils ignorent

la signification. Cette formation réticulaire est complètement différente de la structure fibrillaire classique admise par SCHULTZE et n'a rien de commun avec le réseau intracellulaire décrit par APATHY, ainsi que nous avons pu nous en convaincre nous-même par l'examen des préparations de GOLGI au récent congrès de Tübingen. Il résulte encore des recherches récentes (24) de notre savant collègue que cet appareil réticulaire existe déjà, mais moins développé que chez l'adulte, dans les cellules des ganglions spinaux pendant la vie intra-utérine. Chez l'adulte, FIG. 189, cet appareil réticulaire occupe principalement une couche déterminée du protoplasme cellulaire voisine de la surface libre de la cellule, de façon à laisser inoccupées une couche périnucléaire assez épaisse et une zone périphérique beaucoup plus mince.

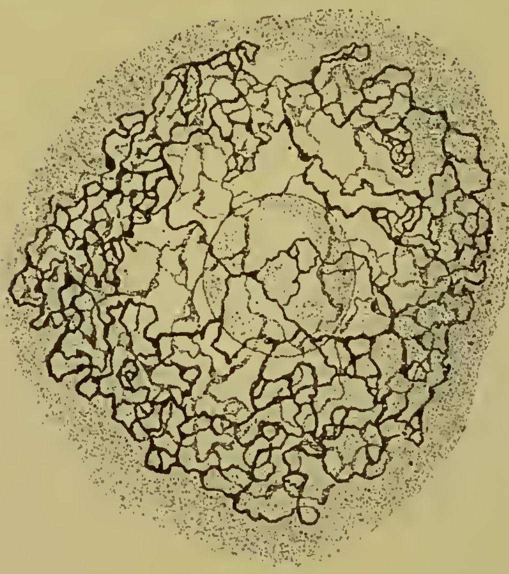


FIG. 188.
Cellule nerveuse du ganglion spinal d'un chien âgé d'environ 2 1/2 ans. (d'après GOLGI.)

En étudiant, dans notre laboratoire, les cellules des ganglions spinaux des mammifères fixés dans le formol ou dans le liquide au sublimé de GILSON et colorés par l'hématoxyline à l'alun de fer de HEIDENHAIN, un de nos meilleurs élèves, C. NELIS, a pu mettre en évidence, dans le protoplasme cellulaire, un élément étrange, se présentant sous la forme d'un cordon pâle, incolore, tantôt enroulé, tantôt pelotonné en quelque sorte sur lui-même. Peu apparent dans les cellules normales, FIG. 190, ce cordon ou ce boyau



FIG. 189.
Cellule nerveuse du ganglion spinal d'un cheval âgé de 20 ans. (d'après GOLGI.)

devient beaucoup plus manifeste dans les cellules nerveuses des animaux morts par intoxication. C'est surtout dans l'intoxication par le tétanos et par la rage que cet élément cellulaire apparaît dans toute sa netteté, non pas seulement dans les cellules des ganglions cérébro-spinaux, mais dans toutes les cellules du névraxe. On peut, dans ces conditions, le mettre en relief avec la simple coloration par le bleu de méthylène. Ce cordon incolore peut occuper alors toute l'étendue du corps cellulaire et se poursuivre jusque dans les prolongements protoplasmatiques. Par ses plis et ses replis il donne au protoplasme un aspect tout-à-fait caractéristique auquel NELIS a donné provisoirement le nom d'*état spirémateux*, FIG. 191.



FIG. 190.

Cellule d'un ganglion plexiforme de chien (d'après NELIS).



FIG. 191.

Cellule d'un ganglion plexiforme de chien mort de rage (d'après NELIS).

Il est difficile de dire quelle est la valeur morphologique et physiologique de ce boyau. En se basant sur ses nombreuses recherches, NELIS croit que ce cordon préexiste plus que probablement dans la cellule normale plus ou moins caché par les granulations chromophiles, et que, sous l'influence de causes pathologiques variées, des modifications inconnues retentissent sur le boyau lui-même ou sur le protoplasme ambiant, de telle sorte que le premier devient par là plus manifeste et plus facile à mettre en évidence. Ce boyau intracellulaire n'est cependant pas sans structure. En décolorant

lentement les préparations traitées par l'hématoxyline au fer de HEIDENHAIN, NELIS est parvenu à colorer dans ce boyau un filament axial. Ce filament correspond-il à une des fibrilles décrites par BETHE et le cordon blanc découvert par NELIS représenterait-il une espèce de gaine périfibrillaire? Nous l'avions cru d'abord, mais les fibrilles intracellulaires de BETHE sont beaucoup plus fines, ainsi que cela résulte de l'examen des préparations de BETHE fait par nous au récent congrès de Tübingen. En tout cas, vous voyez par ce qui précède que la structure de la partie non chromophile du protoplasme cellulaire est encore loin d'être résolue.

Différentes ainsi l'une de l'autre par la façon dont elles se comportent vis-à-vis du bleu de méthylène et par leur organisation propre, les deux parties, chromophile et non chromophile, du protoplasme cellulaire seraient encore différentes au point de vue de leur valeur fonctionnelle.

La partie non chromophile, quelle que soit sa structure, nous paraît être, avec NISSL, LUGARO, MARINESCO, APATHY, BETHE, CAJAL et beaucoup d'autres auteurs, l'élément constituant principal du protoplasme de la cellule nerveuse, celui à qui incombe la fonction primordiale des éléments nerveux, la fonction de conduction.

Ce qui le prouve, c'est d'abord ce fait fondamental relevé, pour la première fois et d'une façon indépendante l'un de l'autre, par SIMARRO (25) et par SCHAFFER (26) : le prolongement cylindraxile de toute cellule nerveuse, c'est-à-dire la partie du neurone qui sert exclusivement à la transmission de l'influx nerveux d'un élément à un autre élément, l'axone, est formé uniquement par de la substance non chromophile. Nous avons vu que d'après les recherches de M. SCHULTZE, confirmées par APATHY et BETHE, le cylindre-axe de la fibre nerveuse a une structure fibrillaire ; les fibrilles de ce cylindre-axe, arrivées dans le corps cellulaire, se continuent avec la partie organisée du protoplasme, réticulum ou fibrilles et, par là, avec les fibrilles des prolongements protoplasmatiques.

Ce qui prouve encore que la partie non chromophile est l'élément conducteur du neurone, c'est que cette substance forme à elle seule les ramifications terminales des prolongements protoplasmatiques des cellules nerveuses. Or, nous avons prouvé, dans les leçons précédentes, que ces prolongements servent à la conductibilité nerveuse. Il est même un fait qui, sous ce rapport, nous paraît avoir une grande

importance. Nous avons déjà vu que les gros troncs protoplasmatiques, dans le voisinage immédiat de la cellule d'origine, sont formés à la fois de substance chromophile et de substance non chromophile. Il y a cependant des exceptions à cette disposition générale. Dès qu'un gros tronc protoplasmatique sert exclusivement à la fonction de conduction, il est, comme le prolongement cylindraxile, complètement dépourvu de granulations chromophiles et exclusivement formé par de la substance non chromophile; il en est ainsi pour le prolongement périphérique des cellules des ganglions cérébro-spinaux, il en est de même pour le gros prolongement protoplasmatique descendant de chacune des cellules mitrales du bulbe olfactif. Sur des coupes



FIG. 192.

Cellules mitrales du bulbe olfactif du lapin (méthode de GOLGI).

d'un bulbe olfactif traité par la méthode de GOLGI, FIG. 192, on voit tout l'espace étendu entre les cellules mitrales et les glomérules olfactifs occupé par les prolongements protoplasmatiques descendants des cellules mitrales. Sur des coupes colorées par la méthode de NISSL, FIG. 193, cet espace reste complètement incolore.

Enfin, le protoplasme de toutes les cellules nerveuses qui rentrent dans le groupe des cellules caryochromes de NISSL est totalement privé de substance chromophile; or, il faut bien admettre que ce protoplasme cellulaire jouit de la conductibilité nerveuse.

Mais si la partie non chromophile est l'élément constituant principal du neurone, quelle valeur devons-nous attribuer à la partie chromophile?

Le fait que la substance chromophile manque complètement dans le protoplasme d'un grand nombre de cellules nerveuses prouve à l'évidence, nous semble-t-il, que cette substance n'est pas un élément essentiel du protoplasme cellulaire, un élément indispensable à la vie de la cellule nerveuse. Nous verrons, dans notre prochaine leçon, que la substance chromophile s'accumule dans la cellule nerveuse pendant la période de repos du neurone tandis qu'elle diminue parfois considérablement pendant toute la période d'activité.

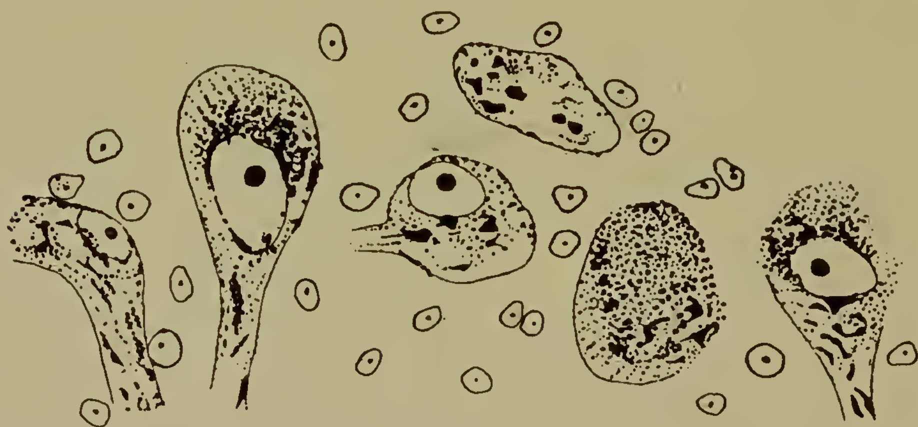


FIG. 193.
Cellules mitrales du bulbe olfactif du lapin (méthode de NISSL).

De plus, chaque fois qu'un neurone se trouve lésé d'une façon quelconque, soit dans son intégrité anatomique par suite de la lésion de son prolongement cylindraxile, soit dans sa nutrition comme cela s'observe dans les empoisonnements, dans les troubles circulatoires et autres, nous voyons la substance chromophile diminuer et disparaître pour revenir bientôt en quantité beaucoup plus abondante lorsque la cellule semble être parvenue à faire face à la lésion subie. Nous basant sur ces faits, nous avons cru et nous croyons encore que la substance chromophile ne représente rien d'autre qu'une espèce de substance de réserve, nullement indispensable à l'élément nerveux.

Tous les auteurs ne partagent pas cette manière de voir. MARINESCO (27) croit que la substance chromophile constitue une substance à haute tension chimique qui est le siège de phénomènes d'intégration et de désintégration continues. Pour lui, la cellule

nerveuse n'est pas un simple conducteur, mais une source d'énergie. Le courant afférent, amené par les prolongements protoplasmatiques, subit des modifications d'intensité en traversant la cellule nerveuse grâce aux éléments chromophiles qui siégent dans les prolongements protoplasmatiques et dans le cytoplasme. L'onde nerveuse, en passant par le corps cellulaire, subit une augmentation d'énergie potentielle due à l'ébranlement des éléments chromophiles. C'est pour ce motif qu'il a désigné la partie chromophile du protoplasme cellulaire sous le nom de *kinétoplasme*. Quant au mécanisme intime de cette augmentation d'énergie potentielle, il les rapporte à des actes chimiques dans lesquels interviennent les éléments chromophiles.

Combattue par Ballet et Dutil, (28) Goldscheider et Flatau (29) qui ont montré que la fonction nerveuse n'est pas abolie alors qu'il y a dissolution de la substance chromophile, cette théorie du kinétoplasme a été admise surtout par Prenant (30). Cet auteur considère même cette partie chromophile du protoplasme cellulaire comme la partie capitale en quelque sorte de la cellule nerveuse, comme un véritable protoplasme supérieur.

Pour arriver à cette conception de la valeur physiologique de la substance chromophile, ces auteurs s'appuient surtout sur le fait que les éléments chromophiles sont situés sur le trajet même des trabécules du réseau protoplasmatique. Mais ce fait a perdu beaucoup de son importance depuis que les recherches récentes de Bethe et de Nelis ont mis en doute l'existence d'un réseau dans le protoplasme de la cellule vivante. Les fibrilles décrites par Bethe sont indépendantes des éléments chromophiles et les préparations de Nelis tendent à démontrer que les blocs de substance chromophile ne font

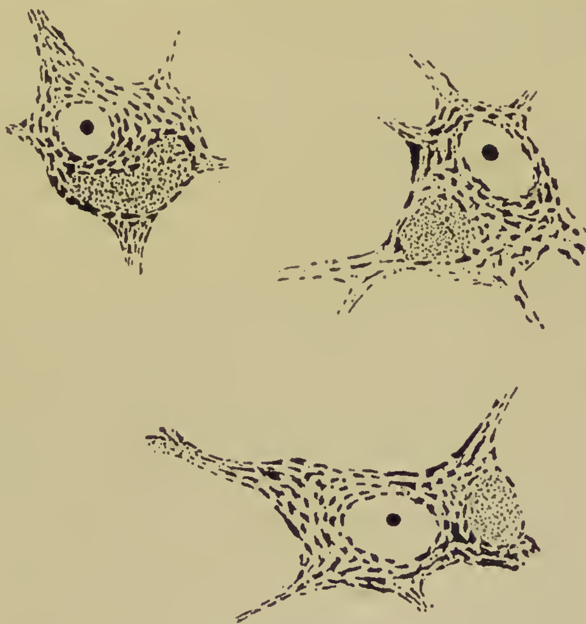


Fig. 194.

Cellules de la corne antérieure de la moelle d'un homme âgé de 60 ans, montrant les amas de granulations pigmentaires.

qu'occuper les intervalles laissés libres par les fibrilles entourées de leur gaine périfibrillaire.

La question de la valeur physiologique de la partie chromophile du protoplasme cellulaire ne pourra donc être résolue que lorsque nous serons mieux renseignés sur la structure de la partie non chromophile.

Pigment. A côté des granulations chromophiles on trouve encore, dans le protoplasme d'un grand nombre de cellules nerveuses (cellules des ganglions cérébro-spinaux, cellules radiculaires de la moelle, cellules pyramidales de l'écorce cérébrale, etc.), un amas plus ou moins compact et plus ou moins étendu de granulations spéciales, granulations pigmentaires, d'une coloration jaune-verdâtre sur les préparations traitées par la méthode de NISSL, FIG. 194. Ce pigment fait complètement défaut au moment de la naissance ; il augmente insensiblement avec l'âge. On ignore complètement la signification de ces granulations pigmentaires.

Les uns y voient avec CAJAL (31) un produit de désassimilation dont la cellule ne parvient pas à se débarrasser. MARINESCO considère ces granulations pigmentaires comme une modification chimique des granulations chromophiles. OBREJA et TATUSES (32) attribuent aux granulations pigmentaires une nature graisseuse ou plutôt myélinique. Se basant sur ce fait que la myéline est formée en partie du moins de lécithine, ces auteurs sont tentés d'attribuer au pigment une importance tout aussi considérable qu'au vitellus de l'œuf et de le considérer comme un aliment d'épargne. Ils prétendent avoir constaté la disparition presque totale du pigment dans les cellules nerveuses de la moelle d'un chien strychnisé et d'un homme mort de tétanos, tandis qu'ils ont vu le pigment s'accumuler davantage dans les centres nerveux pendant l'inactivité. L'abondance du pigment serait, d'après ces auteurs, en rapport direct avec l'inactivité de la cellule. C'est là une conclusion difficile à admettre surtout si l'on se rappelle que les granulations pigmentaires font complètement défaut dans les cellules du névraxe pendant les premières années de la vie. D'ailleurs cette diminution considérable des granulations pigmentaires dans les cas de tétanos, signalée par OBREJA et TATUSES n'est cependant pas un fait constant, ainsi que cela résulte de l'examen d'une moelle provenant d'un homme mort de tétanos que nous a fournie notre savant confrère le Dr CROCQ.

La structure du noyau.

Le noyau des cellules nerveuses paraît avoir une structure excessivement simple. Sur des coupes du névraxe fixées par l'alcool ou le sublimé et colorées par les couleurs basiques d'aniline, on voit

que le noyau est nettement séparé du cytoplasme ambiant par une membrane bien apparente. Son centre est occupé par un nucléole volumineux fixant énergiquement les matières colorantes d'aniline. Ce nucléole est le plus souvent unique. Quelquefois on en rencontre deux, plus rarement trois ou quatre. Du pourtour du nucléole on voit partir quelques trabécules irrégulières, anastomosées entre elles et se rendre vers la face profonde de la membrane nucléaire.

Littérature.

1. Nissl : *Ueber die Untersuchungsmethoden der Grosshirnrinde.* Tageblatt der Naturforschervers. zu Strassburg, 1885. — *Ueber den Zusammenhang von Zellstructur und Zellfunktion.* Tageblatt der Naturforscherversammlung zu Cöln, 1889. — *Die Kerne des Thalamus beim Kaninchen.* Tageblatt der Naturforschervers. zu Heidelberg, 1890. — *Mittheilungen zur normalen und pathologischen Anatomie der Nervenzelle.* Allgemeine Zeitschr. f. Psychiatrie, 1893. — *Ueber Rosin's neue Farbemethode des gesammten Nervensystems und dessen Bemerkungen über Ganglienzellen.* Neurol. Centrabl. 1894. — *Ueber die sogenannten Granula der Nervenzellen.* Neurolog. Centralbl. 1894. — *Ueber eine neue Untersuchungsmethode des Centralorgans speciell zur Feststellung der Localisation der Nervenzellen.* XIX Wandervers. der Südwestdeutschen Neurologen zu Baden-Baden, Juni 1894 (Neurolog. Centralbl., 1894, pp. 507-508). — *Der gegenwärtige Stand der Nervenzellenanatomie und Pathologie.* 26 Vers. d. Vereins südwestdeutscher Irrenärzte (Centralbl. für Nervenheilkunde, Jhg. 18). — *Ueber die Nomenclatur in der Nervenzellenanatomie und ihre nächsten Ziele.* Neurol. Centralbl. 1895. — *Die Beziehungen der Nervenzellensubstanzen zu den thätigen, ruhenden und ermüdeten Zellzuständen.* 27 Vers. des südwestdeutschen Vereins, Karlsruhe, Nov. 1895 (Neurolog. Centralbl., 1896). — *Kritische Fragen über Nervenzellenanatomie.* Neurol. Centralbl., 1896. — 2. Van Gehuchten : *Mode de conservation du tissu nerveux et technique de la méthode de Nissl.* La Belgique médicale, 1898. — 2'. Flemming : *Morphologie der Zelle.* Ergebnisse der Anatomie und Entwickelungsgeschichte. Bd. VII. 1897, p. 447. — 3. de Quervain : *Ueber die Veränderungen des Centralnervensystems bei experimenteller Kachexia thyreopriva der Thiere.* Archives de Virchow, Bd. 133, 1895. — 4. Benda : *Ueber die Bedeutung der durch basische Anilinfarben darstellbaren Nervenzellstructuren.* Neurolog. Centralbl., 1895. — 5. Juliusburger : *Bemerkungen zur Pathologie der Ganglienzelle.* Neurolog. Centralbl., 1896. — 6. v. Lenhossek : *Der feinere Bau des Nervensystems im Lichte neuester Forschungen.* Zweite Auflage, Berlin, 1895. — 7. Flemming : *Ueber die Structur der Nervenganglienzellen.* Verhandl. der anatom. Gesellsch., 1895. — *Ueber den Bau der Spinalganglienzellen bei Säugethiere.* Arch. f. mikr. Anat. 1895. — 8. Cajal : *Estructura del protoplasma nervioso.* Revista trimestral micrografica, vol. I., fasc. 1. 1896. — 9. Marinesco : *Pathologie générale de la cellule nerveuse.* La Presse médicale, janvier 1897. — 10. Held : *Beiträge zur Structur der Nervenzellen*

und ihrer Fortsätze. Erste Abhandlung. Archiv f. Anat. und Entwickel,. Anat. Abth., 1895. — 11. LUGARO : *Sul valore rispettivo della parte cromatica e della acromatica nel citoplasma delle cellule nervose*. Rivista di patologia nervosa e mentale, vol. I, 1896. — 12. VAN GEHUCHTEN : *Anatomie du système nerveux de l'homme*, 2e éd., 1896. — *L'anatomie fine de la cellule nerveuse*. XIIe Congrès international de médecine, 1897. — 13. VAN GEHUCHTEN et. NELIS : *Quelques points concernant la structure des cellules des ganglions spinaux*. Bull. de l'Académie royale de Médecine de Belgique, 1898. — 14 : BECKER : XX. Wandversammml. der südwestd. Neurologen. Archiv f. Psychiatrie, Bd. XXVII, Hft. 3, 1895 (cité d'après NISSL). — 15. AUERBACH : *Ueber die protoplasmatische Grundsubstanz der Nervenzelle und insbesondere der Spinalganglienzelle*. Monatsschrift für Psychiatrie und Neurologie. 1898. — 16. BETHE : *Ueber die Primitivfibrillen in den Ganglienzellen vom Menschen und anderen Wirbeltieren*. Morpholog. Arbeiten, Bd. 1898. — 17. M. SCHULTZE : *Allgemeines über die Strukturelemente des Nervensystems*. Stricker's Handbuch, 1871, pp. 129-132. — 18. DOGIEL : *Den Bau der Spinalganglien bei den Säugetieren*. Anat. Anz., 1896, p. 150. *Zur Frage über den feineren Bau der Spinalganglien und deren Zellen bei Säugethiere*. Internat. Monatschrift, 1898. — 19. COX : *De fibrillaire bouw der Spinaalgangliencel*. Feestbundel uitgegeven door de Nederlandsche Vereeniging voor Psychiatrie, 1896. — 20. COLLUCI : *Sulla morfologia e sul valore delle parti costituenti la cellula nervosa*. Atti della R. Accademia Medico-Chirurgica di Mapoli, 1896. — 21. GOLGI : *Intorno alla struttura delle cellule nervose*. — *Sulla struttura delle cellule nervose dei gangli spinali*. Bollettino della Societa Medico-Chirurgico di Pavia, 1898. — 22. VERATTI : *Ueber die feinere Structur der Ganglienzellen des Sympathicus*. Anatom. Anz., 20 déc. 1898. — 23. NELIS : *Un nouveau détail de structure du protoplasme des cellules nerveuses (état spirémateux du protoplasme)*. Bull. de l'Académie des Sciences, février 1899. — 24. GOLGI : *Di nuovo sulla struttura delle cellule nervose dei gangli spinali*. Pavia, 1899. — 25. SIMARRO : *Investigaciones sobre la estructura de las celulas nerviosas*. 1890 (cité d'après CAJAL). — 26. SCHAFFER : *Kurze Anmerkung über die morphologische Differenz des Achsencylinders im Verhältnisse zu den protoplasmatischen beim Nissl's Fortsatzenfärbung*. Neurolog. Centralbl., 1893. — 27. MARINESCO : *Des polynévrites en rapport avec les lésions secondaires et les lésions primitives des cellules*. Revue neurologique, 1896. — *Pathologie de la cellule nerveuse*. Paris, 1897. — *Recherches sur la biologie de la cellule nerveuse*. Archiv f. Anat, und Phys., Phys. Abth., 1899, pp. 89-110. — 28. BALLET et DUTIL : *Sur quelques lésions expérimentales de la cellule nerveuse*. XIIe Congrès international des Sciences médicales (La Semaine Médicale, 1897, p. 347). — 29. GOLDSCHEIDER et FLATAU : *Pathologische Anatomie der Zelle*, 1898. — 30. PRENANT : *Sur le protoplasme supérieur*. Journal de l'Anatomie et de la Physiologie, 1899. — 31. CAJAL : *El sistema nervioso del hombre y de los vertebrados*. 1er fasc. 1897. — 32. OBREJA et TATUSES : *Le pigment des cellules nerveuses*. C. R. de la Soc. des Sciences Médicales de Bucarest. Novembre 1898 (Revue Neurolog., 1899, p. 326).

QUATORZIÈME LEÇON

Eléments histologiques qui entrent dans la constitution du système nerveux

(Suite).

**Modifications des cellules nerveuses dans les différents états fonctionnels.
Modifications consécutives aux lésions du prolongement cylindraxile.
Le phénomène de chromolyse.**

Nous avons vu, dans notre dernière leçon, quel est l'état actuel de la science concernant la structure interne des cellules nerveuses à l'état normal; nous allons aborder maintenant l'étude si importante des modifications qui surviennent dans ces cellules dans les différents états fonctionnels, des modifications consécutives à la lésion du prolongement cylindraxile ainsi que des modifications qui accompagnent les troubles circulatoires, les empoisonnements et les intoxications.

Modifications qui accompagnent les différents états fonctionnels.

Quand on compare entre elles les cellules nerveuses qui appartiennent à un même type morphologique, soit les cellules des ganglions spinaux, soit les cellules des noyaux moteurs, on trouve entre elles des différences plus ou moins profondes dans le degré de colorabilité.

Ce fait a été signalé déjà par FLEMMING (1) en 1882 pour les cellules des ganglions spinaux et a été attribué par lui à une richesse plus ou moins grande de ces cellules en granulations chromophiles.

Cette différence dans l'intensité plus ou moins grande avec laquelle se colore le protoplasme des cellules nerveuses a été étudiée principalement par FLESCH (2) et ses élèves HÉLÈNE KONEFF (3), ANNA GITISS (4) et ANNA KOTLAREVSKI (5), pour les cellules des ganglions cérébro-spinaux. Ces auteurs divisent ces cellules en deux groupes : en *éléments chromophiles* et en *éléments chromophobes*. D'après eux, cette différence de colorabilité est liée à une composition chimique différente du protoplasme cellulaire

(indépendamment de la richesse de ces cellules en granulations) et celle-ci n'est que la résultante d'un état fonctionnel différent. Ces éléments chromophobes et chromophiles existeraient aussi, d'après Flesch, dans le système nerveux central. Le fait que le protoplasme d'une cellule nerveuse, toutes conditions étant égales, se colore tantôt fortement, tantôt faiblement et qu'entre ces deux extrêmes on peut rencontrer tous les degrés intermédiaires, prouve, dit Flesch, que le protoplasme se comporte différemment au point de vue chimique ; cette substance chimiquement différente du corps protoplasmatique est, pour Flesch, en relation intime avec l'état fonctionnel de la cellule nerveuse.

Nissl (6) s'est élevé contre cette manière de voir. Pour lui, la différence dans la coloration n'est pas liée à des différences dans la composition chimique du protoplasme, mais elle est due uniquement à ce fait, déjà signalé par Flemming, que la substance chromophile est plus ou moins abondante, que les granulations sont plus ou moins grosses et plus ou moins serrées dans des cellules qui ont toutes la même structure.

Ces variations dans la colorabilité sont dues, d'après Nissl, à un état physiologique momentané différent.

Le degré de coloration d'une cellule nerveuse dépend de sa richesse plus ou moins grande en substance chromophile. En se basant sur cette colorabilité, on peut admettre, pour les cellules d'un même groupe, trois états chromatiques correspondant à trois états fonctionnels que Nissl désigne sous les noms de *état pyknomorphe*, *état apyknomorphe* et *état parapyknomorphe*. Une cellule est en *état pycknomorphe* quand la substance chromophile, très abondante, se présente en masses compactes, de telle sorte que la cellule se colore fortement par le bleu de méthylène.

Une cellule est en *état apyknomorphe*, quand la substance chromophile, peu abondante, se trouve éparpillée dans le protoplasme cellulaire.

Les stades intermédiaires entre ces deux extrêmes correspondent à l'*état parapyknomorphe.*

Nissl avait décrit encore un quatrième état anatomique, dans lequel la substance chromophile se présente comme dissoute dans le protoplasme cellulaire, de telle sorte que tout le corps cellulaire prend une teinte uniforme. C'était l'*état chromophile.*

Ces dénominations de états pyknomorphe, apyknomorphe, parapyknomorphe et chromophile n'ont encore, au point de vue fonctionnel, qu'une valeur relative. On commence seulement à entrevoir à quel stade fonctionnel correspond chacun de ces états par lesquels peut passer le protoplasme d'une cellule nerveuse.

On admet généralement que l'*état pyknomorphe* est l'expression anatomique de l'*état de repos* de la cellule nerveuse. Nous verrons plus loin qu'il caractérise également et surtout un état transitoire consécutif à la lésion du prolongement cylindraxile. L'*état parapyknomorphe* et l'*état apyknomorphe* caractériseraient l'*état de fatigue*. Quant à l'*état de chromophilie,* on ne l'a observé jusqu'ici que pendant les premiers temps qui suivent la lésion du prolongement cylindraxile.

L'étude de la cellule nerveuse dans les différents états fonctionnels est une étude excessivement difficile.

Nissl a excité, par le courant faradique, les fibres du bout central d'un nerf sectionné. Il a observé des variations dans le degré de coloration des cellules excitées, mais rien ne nous permet de considérer ces variations comme l'expression anatomique d'un état physiologique normal.

En étudiant l'action qu'exerce, sur la constitution du protoplasme des cellules nerveuses du sympathique, l'excitation pendant quinze minutes du ganglion cervical supérieur du lapin, Vas (7) a observé une augmentation notable (environ d'un tiers) dans le volume du corps cellulaire, une diminution et quelquefois même la disparition complète de la substance chromophile dans le voisinage immédiat des noyaux et une accumulation de cette même substance dans la couche périphérique du protoplasme cellulaire. Il en conclut que, pendant l'activité de la cellule nerveuse, les éléments chromophiles ont une tendance à se déplacer vers la périphérie du corps cellulaire. Des modifications considérables surviennent aussi dans le noyau : il devient plus volumineux, comme gonflé, en même temps qu'il quitte sa place pour se porter vers la périphérie ; il peut aller si loin qu'il fait saillie en dehors de la cellule.

Ces modifications de la cellule nerveuse, dit Vas, doivent être regardées comme des propriétés morphologiques caractéristiques de son état d'excitation. Il est cependant plus que probable que, dans les conditions physiologiques, ces modifications n'atteignent pas le même degré, puisque l'excitation qui arrive physiologiquement aux cellules nerveuses ne peut pas, sous le rapport de l'intensité, être comparée à l'excitation produite par le courant induit.

Hodge (8) a excité, par le courant induit, les ganglions invertébraux de la grenouille et du chat pendant un temps qui varie depuis 30 minutes jusque 7 heures, avec des intervalles de repos variables. La méthode de coloration dont il s'est servi ne lui permettait pas d'étudier les modifications de la substance chromophile du protoplasme cellulaire. Dans les cellules des ganglions excités, il a observé une diminution considérable dans le volume du noyau, en même temps une déformation et une coloration plus foncée de ce dernier. Il y avait également une légère diminution dans le volume du corps cellulaire et un affaiblissement dans son pouvoir de réduction vis à vis de l'acide osmique.

Lambert (9) a repris les expériences de Vas. Il a trouvé les mêmes modifications dans la partie chromophile du corps cellulaire ; mais il n'a pu se convaincre des modifications de volume.

MANN (10) a excité également pendant 15 minutes, par un courant faradique, le ganglion cervical supérieur du sympathlque chez le lapin et le chat. Il a retrouvé les modifications signalées par VAS : augmentation du volume du corps cellulaire avec diminution de la substance chromophile dans la partie centrale de la cellule ; mais, pour MANN, cette diminution n'est pas due à un déplacement des granulations chromophiles du centre vers la périphérie, mais à une disparition sur place.

A côté de ces modifications dans le protoplasme, il y avait des modifications dans le noyau : le caryoplasme est devenu incolore et la chromatine du noyau a légèrement diminué ; le noyau et les nucléoles ont augmenté de volume.

L'excitation intermittente du ganglion pendant 6 à 9 heures amène des modifications plus profondes : les noyaux se foncent et se ratatinent ; les éléments chromophiles sont moins nombreux et plus pâles.

LUGARO (11) a repris les expériences de VAS et de MANN. Il arrive à la conclusion que, pendant les premiers temps qui suivent l'excitation, on constate une augmentation de volume du corps cellulaire due à un état de turgescence de son corps protoplasmatique, accompagnée d'une légère augmentation de la substance chromophile ; après un certain temps la cellule se fatigue, ce qui amène une diminution progressive dans le volume de son protoplasme avec une diminution correspondante dans la substance chromophile.

PUGNAT (12) a excité par le courant galvanique les ganglions spinaux de jeunes chats. Il a constaté qu'à l'état de fatigue le corps cellulaire et le noyau diminuent de volume et que la substance chromophile du cytoplasme disparait à mesure qu'on prolonge la durée de l'excitation. Ces modifications sont plutôt en rapport avec l'intensité du courant qu'avec la durée de l'excitation.

Toutes ces recherches ont été entreprises dans le but d'étudier les modifications qui surviennent dans le corps de la cellule nerveuse pendant son *activité physiologique*. Mais comme NISSL (13) le remarque à juste titre, ces expériences ont manqué leur but. Rien ne nous autorise, en effet, à identifier une cellule en état d'activité physiologique avec une cellule excitée par le courant faradique. L'application d'un courant électrique sur un nerf n'est rien d'autre qu'une excitation anormale comparable en quelque sorte à n'importe quelle excitation chimique, thermique et traumatique.

Les expériences sus-mentionnées sont donc intéressantes parce qu'elles nous montrent qu'une excitation électrique, portée sur un nerf, réagit au loin sur les cellules d'origine des fibres qui le constituent et y amène des modifications profondes visibles au microscope. Mais ces expériences sont insuffisantes pour nous renseigner sur les modifications qui accompagnent *l'activité normale* des cellules nerveuses.

D'autres recherches entreprises par HODGE, MANN, DEMOOR, PERGENS et PICK sont plus instructives à cet égard.

Hodge (8) a pris des oiseaux (moineaux, hirondelles et pigeons) et les a tués les uns, le matin après une nuit de repos, les autres, le soir avant qu'ils ne rentrent au nid. Il a durci, dans l'acide osmique à 1 %, des ganglions spinaux et des portions de l'écorce cérébelleuse et de l'écorce cérébrale (lobe occipital). Il a noté, dans les cellules fatiguées, une diminution de la substance chromophile (affaiblissement du pouvoir de réduire l'acide osmique). Le noyau présentait également une diminution considérable de volume, ses contours étaient devenus irréguliers et les matières colorantes lui donnaient une teinte plus foncée.

Ces recherches patientes de Hodge ne nous renseignent malheureusement pas sur les modifications qui surviennent dans la substance chromophile. Les recherches de Mann (10) sont, sous ce rapport, plus fructueuses parce que cet auteur s'est servi d'une méthode permettant de colorer la substance chromophile du protoplasme.

Mann a comparé les cellules pyramidales de l'écorce cérébrale et les cellules radiculaires de la moelle lombaire provenant de deux chiens dont l'un est resté au repos, tandis que l'autre avait été soumis pendant 10 heures à un travail musculaire continu. Il a comparé également les cellules de la rétine, des corps genouillés externes, des tubercules quadrijumeaux et des lobes occipitaux de quatre chiens auxquels il avait bandé pendant 12 heures un des deux yeux. Toutes ces recherches ont donné des résultats concordants. Mann en conclut que, pendant le repos, la substance chromophile augmente dans les cellules nerveuses, tandis que cette substance diminue pendant l'activité cellulaire. Cette diminution de la substance chromophile est due à sa disparition sur place. L'activité cellulaire est accompagnée d'un agrandissement du corps de la cellule nerveuse ainsi que du noyau et des nucléoles, tandis que la fatigue de la cellule se caractérise par une rétraction de son protoplasme, par une rétraction du noyau et la formation dans son intérieur d'une substance chromophile diffuse.

Nissl (13) a repris les expériences de Mann. N'ayant pu obtenir des résultats aussi nets que l'auteur anglais, il s'est adressé directement à ce dernier qui a bien voulu lui communiquer quelques-unes de ses préparations. Nissl conclut, de l'étude de ces dernières, que les dessins donnés par Mann sont beaucoup trop schématiques et que les observations microscopiques ne sont pas assez démonstratives pour permettre d'en tirer les conclusions formulées par le savant anglais.

Pour NISSL, la question des modifications anatomiques qui surviennent dans les cellules nerveuses pendant leur activité normale est loin encore d'être résolue. Il admet cependant avec HODGE et MANN que l'état pyknomorphe, qu'il avait considéré comme caractérisant l'état d'activité de la cellule nerveuse, est l'expression anatomique de l'état de repos. Par contre, ce que MANN et HODGE considèrent comme caractéristique de l'état de fatigue de la cellule nerveuse, sont des propriétés qui appartiennent aux cellules chromophiles; or celles-ci sont manifestement, pour NISSL, des états artificiels.

DE MOOR (14) a également repris les expériences de MANN, sur les cellules du centre psycho-optique du chien. Après avoir fermé un seul des deux yeux pendant un temps variable, il a trouvé, comme MANN, que les cellules du centre optique correspondant à l'œil ouvert sont moins riches en substance chromophile que les autres, que leur volume a diminué et que la forme du noyau est devenue irrégulière. Il affirme qu'après 10 minutes d'éclairage unilatéral, il n'a pu relever aucun signe de différenciation; après 30 minutes, il a constaté une modification dans la richesse de la substance chromophile sans que le noyau présentât une modification quelconque de forme.

PERGENS (15) a institué des expériences très ingénieuses sur l'action que la lumière exerce sur les éléments constituants de la rétine des poissons. Il a constaté, à côté d'une rétraction du corps cellulaire et des prolongements qui en dépendent, une diminution de volume du noyau sous l'influence de l'excitant lumineux. Il a conclu de ses recherches que l'activité normale des cellules rétiniennes, depuis les cellules visuelles (cônes et bâtonnets) jusqu'aux cellules ganglionnaires, s'accompagnait d'une rétraction du noyau en même temps que d'une diminution dans la quantité de chromatine ou de nucléine de ce dernier.

D'après PERGENS, les noyaux des cellules de la rétine, provenant de poissons qui ont séjourné pendant 24 heures à l'obscurité, sont chargés de blocs denses et compacts de chromatine ou nucléine. Cette abondance de nucléine condensée dans les noyaux caractérise le *stade obscurité* ou le *stade de repos*. C'est donc en quelque sorte un état pyknomorphe du noyau comparable à l'état pyknomorphe du protoplasme des cellules somatochromes.

Dans le *stade initial de travail* (quelques secondes à une minute d'exposition à la lumière), une partie de cette nucléine passe à l'état liquide. Cela pourrait faire croire à une augmentation de la nucléine

dans les noyaux, dit PERGENS, puisque ceux-ci se colorent davantage; mais en réalité, il y a diminution de la nucléine avec dissémination sur une surface plus grande.

Dans le *stade d'activité ou de travail* proprement dit, les masses denses de nucléine se dissolvent et diminuent à mesure que la nucléine liquéfiée est consommée. Ce stade a une durée variable; il serait difficile de lui assigner une limite précise. Il aboutit au stade de fatigue.

Ces résultats des recherches de PERGENS sur les cellules de la rétine sont difficilement comparables aux résultats des recherches faites sur les cellules nerveuses du névraxe. Les éléments de la rétine (surtout les cônes, les bâtonnets et les cellules bipolaires) présentent des noyaux chargés de nucléine tandis que leur corps protoplasmatique, peu développé, est dépourvu de substance chromophile; au contraire, les cellules du névraxe, sur lesquelles ont porté les recherches de MANN et de DE MOOR, sont des cellules somatochromes à corps protoplasmatique chargé d'éléments chromophiles et à noyau pauvre en nucléine.

Peut-être la substance chromophile du protoplasme des cellules somatochromes remplit-elle, au point de vue de la nutrition de l'élément correspondant, le même rôle que la nucléine du noyau de certaines cellules caryochromes? S'il en était ainsi, les résultats des recherches de PERGENS viendraient donner un appui considérable aux résultats des recherches de MANN et de DE MOOR et l'on arriverait à la conclusion que l'*état d'activité d'une cellule nerveuse se caractérise par une augmentation de volume de son corps protoplasmatique, accompagnée d'une diminution de sa partie chromophile.*

Cette conclusion se trouve confirmée par les recherches récentes de F. PICK (16). Cet auteur a excité, chez le singe et le chat, par le courant faradique, pendant 1/2 à 1 heure, la partie de la zône corticale motrice en connexion avec le membre thoracique et le membre abdominal, puis il a examiné par la méthode de coloration au bleu de méthylène le segment correspondant de la moelle épinière. Il a trouvé des différences profondes entre les cellules du côté excité et celles du côté non excité consistant principalement dans une diminution de la substance chromophile au centre du corps cellulaire, une déformation et une coloration diffuse du noyau en même temps qu'un commencement de fragmentation du nucléole.

Quant aux modifications qui se passent dans le noyau, voici les

résultats plus ou moins concordants qu'a fournis son étude comparative dans les différents états fonctionnels du neurone.

MAGINI (17) a constaté que, dans les grandes cellules nerveuses du lobe électrique de la torpille tuée brusquement, le noyau occupe toujours une position excentrique et se trouve orienté vers le prolongement cylindraxile, les nucléoles étant en contact avec la membrane nucléaire. Si, au contraire, on laisse mourir la torpille lentement sous l'eau, on trouve les nucléoles au centre du noyau et le noyau lui-même n'est plus orienté vers le point d'origine de l'axone. Ces résultats ont été contestés par VALENZA (18).

Dans ses recherches sur les modifications que déterminent dans les cellules nerveuses soit l'excitation électrique prolongée (cellules des ganglions spinaux), soit la fatigue normale (cellules des ganglions spinaux et cellules de l'écorce cérébrale), HODGE a observé, d'une façon constante, à côté d'une diminution de volume du corps cellulaire et d'une diminution dans la quantité de substance chromophile, une diminution considérable dans le volume du noyau, des modifications dans sa forme extérieure et une augmentation de sa substance chromatique.

Dans ses recherches sur les cellules nerveuses des ganglions sympathiques excités pendant un temps variable, VAS a constaté que le noyau de la cellule excitée pendant 15 minutes par un courant électrique était notablement plus volumineux, il était comme gonflé, il occupait la zone périphérique du protoplasme cellulaire, quelquefois même il faisait saillie en dehors de la cellule. Après avoir excité pendant quelques heures par un courant induit faible un nerf spinal un peu en dessous de son ganglion intervertébral, VAS a trouvé dans les cellules de ce ganglion des noyaux ratatinés et d'aspect granuleux. Ces modifications avaient disparu après un repos de 24 heures.

MANN, qui a repris les recherches de VAS, a constaté également que l'activité cellulaire est accompagnée d'un agrandissement du noyau et des nucléoles. Il signale, dans les cellules nerveuses fatiguées, une rétraction du noyau et la formation d'une substance chromatique diffuse.

HODGE (19) a comparé les cellules nerveuses d'un enfant nouveau-né avec les cellules nerveuses d'un vieillard mort à 92 ans ; il a trouvé que chez le vieillard les noyaux sont ratatinés et que les nucléoles ne se colorent plus avec l'acide osmique, tandis que chez l'enfant nouveau-né les noyaux sont gros, ronds et clairs ; les nucléoles sont volumineux et se colorent avec intensité.

Lugaro a repris avec plus de soins les expériences de Vas ; il conclut de ses recherches que, dans les états moyens de l'activité cellulaire, le noyau ne présente pas de changement de volume, mais que quand l'activité est continue et que la cellule se fatigue, le noyau présente, moins intensément et plus tardivement, les mêmes modifications que le protoplasme, c'est-à-dire un état de turgescence au commencement de l'activité cellulaire, une diminution de volume dès qu'on pousse l'activité jusqu'à la fatigue.

Pugnat n'a jamais observé dans ses expériences que le noyau fût ratatiné ou déplacé; il a simplement constaté qu'il était pâle, moins riche en chromatine qu'au stade de repos et à contours peu nets.

De toutes ces recherches sur les modifications que déterminent dans le protoplasme cellulaire et dans le noyau l'activité cellulaire normale et l'activité poussée jusqu'à la fatigue, il résulte donc :

Pour le *protoplasme cellulaire : a)* pendant *l'activité normale :* une turgescence entraînant à sa suite une augmentation de volume du corps cellulaire accompagnée d'une diminution dans la quantité de la substance chromophile ;

b) pendant l'*activité poussée jusqu'à la fatigue* : une diminution ou une rétraction du protoplasme cellulaire ;

Pour le *noyau* :

a) pendant l'*activité normale* : une turgescence du noyau amenant une augmentation de son volume ;

b) pendant l'*activité poussée jusqu'à la fatigue* : une diminution de volume du noyau, une déformation du noyau et des modifications dans sa partie chromatique.

Modifications qui accompagnent la lésion du prolongement cylindraxile.

Nous savons, grâce aux recherches de ces dernières années, que la section d'un nerf moteur périphérique est suivie non seulement de la dégénérescence secondaire des fibres du bout périphérique (loi de Waller), mais encore de modifications plus ou moins profondes dans les cellules d'origine de toutes les fibres sectionnées. Signalée pour la première fois par Nissl (20), cette réaction cellulaire a été retrouvée par un grand nombre d'auteurs [Marinesco (21), Lugaro (22), Flatau (23), Colenbrander (24), Van Gehuchten (25), Sano, (26) Foa, (27) etc.]. Elle a été étudiée dans ses diverses phases principalement par Marinesco (28), et nous-même (25) sur les cellules d'origine du nerf hypoglosse.

Ces modifications cellulaires consécutives à la section du nerf hypoglosse consistent principalement dans une altération particulière des blocs de substance chromophile, accompagnée d'un gonflement considérable du corps cellulaire et d'un déplacement du noyau, FIG. 195.

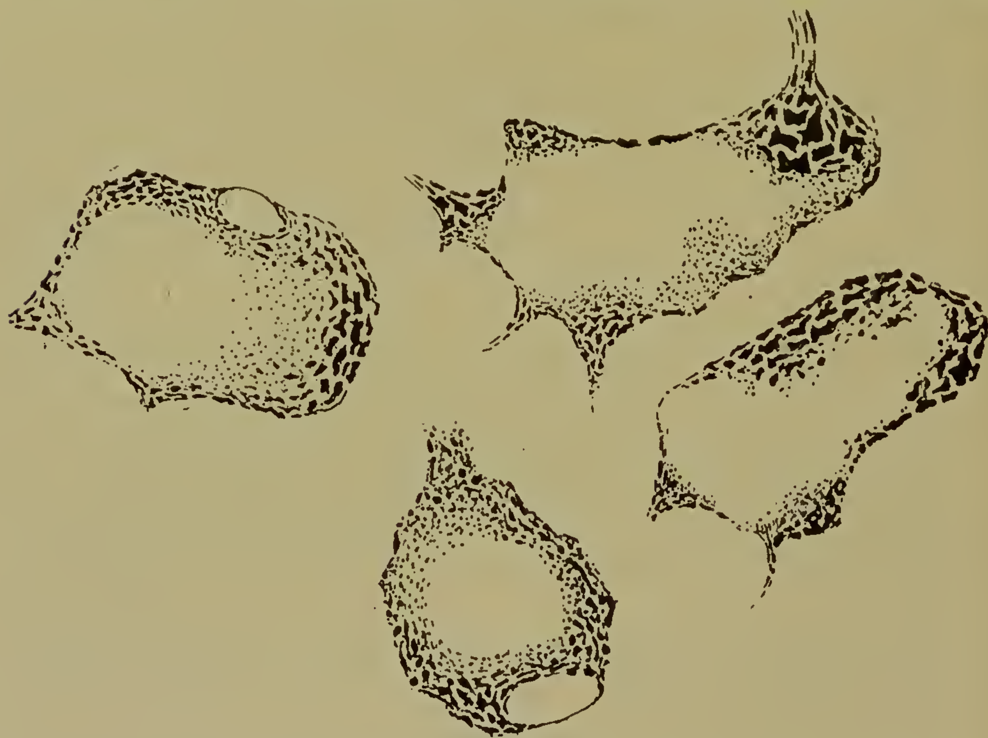


FIG. 195.
Cellules en chromatolyse du noyau de l'hypoglose d'un lapin, huit jours après la section du nerf.

A cet ensemble de modifications, dont le point de départ semble résider dans la dissolution de la substance chromophile, MARINESCO a donné le nom de *chromatolyse*. Quelques auteurs (HENNEGUY, FLEMMING) ont fait remarquer à juste titre que cette expression de *chromatolyse* pouvait prêter à confusion, vu que depuis longtemps déjà FLEMMING a désigné par là des phénomènes particuliers dont la *chromatine* du noyau est le siége dans certains cas de dégénérescence cellulaire. C'est pour ce motif que nous avons proposé (29) de la remplacer par la dénomination de *chromolyse*.

Pour éviter cette confusion, RETTERER (30) a déjà proposé le mot de *chromophilyse*. KOHNSTAMM (31) se sert de l'expression *tigrolyse* en acceptant la dénomination de *substance tigroïde* proposée par v. LENHOSSEK pour désigner la *substance chromophile* de NISSL, c'est-à-dire la partie du protoplasme des cellules nerveuses qui se colore par les couleurs basiques d'aniline.

En quoi consiste le phénomène de chromolyse ?

A la suite des nombreuses recherches expérimentales que nous avons faites sur les cellules d'origine du nerf hypoglosse et du nerf pneumo-gastrique chez le lapin, nous sommes arrivé à la conviction que les modifications qui surviennent dans les cellules motrices, après la section de leur prolongement cylindraxile, intéressent exclusivement la substance chromophile du protoplasme. Ces modifications font passer la cellule par deux phases bien distinctes : une *phase de dissolution des éléments chromophiles* (phase de réaction de MARINESCO) et une *phase de reformation des mêmes éléments* (phase de réparation de MARINESCO).

La première phase ou phase de réaction se caractérise par la dissolution brusque de la substance chromophile débutant au centre de la cellule nerveuse et envahissant de là rapidement presque tous les éléments. Cette dissolution brusque entraîne la turgescence du protoplasme cellulaire ; celle-ci se manifeste au dehors par une augmentation considérable du volume de la cellule nerveuse et par la propulsion passive du noyau vers les couches périphériques.

Par suite de cette dissolution de la substance chromophile dans le protoplasme cellulaire, celui-ci se colore plus ou moins uniformément sous l'action des couleurs basiques d'aniline donnant ainsi à la cellule nerveuse un aspect spécial connu sous le nom de *chromophilie.*

Cette première phase de la réaction cellulaire débute objectivement environ 40 heures après la section. Elle atteint presque en même temps toutes les cellules lésées et dure en moyenne 15 à 20 jours pour faire place insensiblement à la phase de reformation des éléments chromophiles ou phase de réparation.

Cette seconde phase est la plus longue. Le travail de reformation des éléments chromophiles se fait lentement. Cette phase se caractérise surtout par deux phénomènes : Le premier, c'est que les éléments chromophiles reformés sont non seulement plus denses et plus volumineux, mais qu'ils sont encore beaucoup plus nombreux que dans la cellule normale. Aussi ces cellules, colorées par le bleu de méthylène, présentent-elles un aspect tout à fait caractéristique. Elles sont dans un état spécial auquel on a donné le nom d'*état pyknomorphe* (NISSL).

Le second phénomène qui caractérise cette phase de la chromolyse c'est que la cellule nerveuse diminue lentement de volume. Nous l'avons trouvée considérablement gonflée et turgescente à la fin de la période de dissolution (15 à 20 jours après la section) ; à partir de ce

moment cette turgescence diminue et la cellule hypertrophiée retourne lentement vers son volume normal qu'elle atteint environ 100 jours après la lésion de son prolongement cylindraxile (VAN GEHUCHTEN, FOA).

Pendant toute la durée de ces modifications cellulaires, le noyau semble rester intact. Il ne fait que se déplacer passivement au début de la phase de dissolution des éléments chromophiles pour revenir insensiblement à sa position primitive pendant la phase de réparation.

Ces modifications qui retentissent ainsi sur les cellules d'origine d'un nerf hypoglosse sectionné ne consistent pas toujours dans les deux phases de dissolution et de reformation des éléments chromophiles que nous venons de décrire. Pour un petit nombre de cellules nerveuses, les modifications semblent être beaucoup plus profondes en ce sens que, arrivées à la fin de la phase de dissolution, ces cellules s'atrophient insensiblement et disparaissent.

Les auteurs ne sont pas d'accord sur la cause de cette atrophie d'un certain nombre de cellules à la suite de la section du prolongement cylindraxile. Nous avons émis l'idée que cette destruction cellulaire ne devait pas être considérée comme un phénomène normal, l'aboutissant final de toute cellule en chromolyse, mais comme un phénomène purement accidentel. La section de l'axone amène, avons-nous vu, une turgescence brusque du protoplasme cellulaire entrainant un déplacement du noyau. Celui-ci se trouve en quelque sorte refoulé dans les couches périphériques ; on le voit même très souvent faire hernie à la surface du corps cellulaire ou même s'enfoncer plus ou moins loin dans la base d'un prolongement protoplasmatique (SANO, VAN GEHUCHTEN). Nous croyons que pour un petit nombre de cellules nerveuses, cette turgescence est tellement brusque, la propulsion du noyau tellement violente que celui-ci se trouve complètement expulsé du corps cellulaire. Ce seraient ces cellules, ainsi privées accidentellement de leur noyau, qui seules s'atrophieraient pendant que toutes les autres reviendraient lentement à l'état normal.

A quoi est dû ce passage de la phase de réaction à la phase de réparation? MARINESCO (32) croit que ce retour des cellules lésées à l'état normal est intimement lié aux phénomènes particuliers qui se passent dans le nerf au niveau du point sectionné. Le retour des cellules à l'état normal ne serait que la conséquence immédiate

de la soudure des deux bouts et de la régénération subséquente du nerf. Si cette soudure ne parvient pas à se faire, pense-t-il, la cellule lésée s'atrophie et disparaît. C'est ainsi qu'il expliquerait la disparition des cellules nerveuses de la corne antérieure signalée par un grand nombre d'auteurs dans la moelle épinière d'anciens amputés. Nous avons montre (33) par nos recherches, d'accord en cela avec NISSL, qu'il n'en est pas ainsi. Le retour des cellules lésées à l'état normal est, pour nous, complètement indépendant des phénomènes de régénération qui se passent au niveau du point sectionné. Que la soudure des deux bouts se fasse ou qu'elle ne se fasse pas, que le nerf se reforme ou qu'il ne se reforme pas, les phénomènes dont les cellules lésées sont le siège parcourent toujours les deux phases qui caractérisent la chromolyse expérimentale : la phase de dissolution de la substance chromophile et la phase de reformation de la même substance. FOA (27) est arrivé tout récemment à la même conclusion.

Nous disons la chromolyse *expérimentale*, parce que dans la chromolyse observée dans la moelle de l'homme à la suite d'amputation, la phase de reformation des éléments chromophiles semble faire défaut. C'est ainsi que des cellules en chromolyse ont été observées dans la moelle d'un homme mort trois mois [FLATAU (34)] et même sept mois [SANO (26)] après l'amputation.

Quel est le sort ultérieur de ces cellules nerveuses ?

Sur ce point les recherches ne sont pas encore assez nombreuses pour nous permettre de formuler une conclusion générale. Nous croyons que, quand le nerf lésé parvient à se régénérer, les cellules d'origine de ce nerf, redevenues normales, persistent indéfiniment. Quand, au contraire, cette régénération du nerf ne peut pas se faire, comme cela s'observe par exemple à la suite d'amputation, on peut voir survenir, au bout d'un temps plus ou moins long, la disparition complète des cellules donnant origine au nerf sectionné. Cette disparition, même dans ces conditions spéciales, n'est cependant pas fatale.

Nous avons à l'appui de cette thèse un fait tout-à-fait typique. Nous avons sectionné avec un de nos élèves, M. VAN BIERVLIET, tous les nerfs d'une cavité orbitaire chez trois lapins et cela en vidant cette cavité orbitaire de toutes les parties molles qu'elle contient. Ces lapins ont été tués 16, 19 et 21 mois après l'opération : chez les deux derniers lapins les cellules lésées étaient presque toutes

revenues à l'état normal ; au moins ne pouvait-on constater aucune différence bien profonde entre le noyau d'origine du nerf oculo-moteur commun du côté sectionné et celui du côté opposé. Chez le troisième lapin, au contraire, qui n'a survécu que 16 mois à l'opération, toutes les cellules correspondant au nerf oculo-moteur commun sectionné avaient disparu. Dans les trois cas cependant, le bout périphérique du nerf oculo-moteur lésé s'est trouvé dans les mêmes conditions anatomiques : il lui a été impossible de se regénérer puisque tous les muscles auxquels il était destiné avaient été enlevés.

Les cellules d'origine des fibres d'un nerf moteur *cranien* sectionné en un point quelconque de son trajet subissent donc toutes des modifications profondes faciles à mettre en évidence en se servant de la coloration au bleu de méthylène. Ces modifications sont assez profondes pour imprimer à la cellule nerveuse un aspect tellement caractéristique que l'on peut sans peine retrouver une cellule lésée au milieu d'un grand nombre de cellules normales. Ces modifications sont importantes à connaître. Grâce à elles nous avons entre les mains un moyen précieux qui nous permet d'aborder avec succès l'étude si importante des localisations motrices dans le névraxe. Pour savoir, en effet, où se trouvent, dans l'axe nerveux, les cellules en connexion avec un nerf périphérique donné, il nous suffira de sectionner expérimentalement ce nerf chez un animal quelconque pour pouvoir reconnaître, au bout de quelques jours, par la chromolyse survenue dans les cellules d'origine, toutes les cellules en connexion directe avec ce nerf. Cette méthode excessivement importante, que NISSL le premier a fait connaître, nous servira plus tard quand nous aborderons l'étude de l'origine réelle des nerfs périphériques.

Ce phénomène de chromolyse ne se produit pas seulement, dans une cellule motrice, à la suite de la *section* de son axone ; on le voit survenir aussi à la suite d'une simple *ligature* de ce dernier [VAN GEHUCHTEN (25)]; voir même d'une simple *compression* entre les mors d'une pince [NELIS (25)]. On l'observe aussi à la suite de l'irritation du nerf par un courant électrique (VAS, MANN, LAMBERT, LUGARO), à la suite du trouble fonctionnel déterminé dans le nerf périphérique par l'application de cristaux de chlorure de sodium (NISSL), à la suite également des lésions pathologiques les plus variées (compression, inflammation) qui interrompent momentanément ou définitivement la connexion anatomique ou fonctionnelle du neurone (MARINESCO, BALLET et DUTIL, SANO, SOUKHANOFF), etc.

La durée et surtout l'importance de ce phénomène de chromolyse semblent être en rapport immédiat avec le degré de la lésion de l'axone.

Nons avons vu qu'à la suite de la *section* du nerf hypoglosse, la phase de dissolution de la substance chromophile atteint son apogée environ 15 à 20 jours après la lésion. Si au lieu de faire la section du nerf on se contente de la simple *ligature*, le phénomène de chromolyse est beaucoup moins énergique : la dissolution des éléments chromophiles est moins complète et la phase de reformation débute déjà neuf jours après le traumatisme. La phase de dissolution peut même être beaucoup plus courte encore et peut-être faire défaut au moins d'une façon apparente. C'est ainsi que NELIS (35) a vu dans notre laboratoire les cellules d'origine du nerf hypoglosse présenter un état de pyknomorphie manifeste cinq jours après la *compression* accidentelle du nerf entre les mors d'une pince.

Ces phénomènes de chromolyse montrent, en toute évidence, que le neurone est un élément excessivement sensible, que le corps cellulaire du neurone est une partie importante de cet organisme, puisque tout traumatisme, quelque petit qu'il soit, qui intéresse le prolongement cylindraxile, a son contre coup inévitable sur les éléments constituants du protoplasme cellulaire situé à une distance parfois considérable du point lésé. Ils nous démontrent aussi la connexion étroite qui existe entre les fibrilles du cylindre-axe et le protoplasme de la cellule nerveuse, connexion qui se comprend difficilement si l'on admet l'opinion de APATHY, de BETHE et de NISSL sur la structure du protoplasme cellulaire.

Ce qui montre encore d'une façon frappante la relation intime qui existe entre le degré du traumatisme de l'axone et les lésions que ce traumatisme entraîne dans les cellules d'origine, ce sont les phénomènes cellulaires qui surviennent à la suite de l'*arrachement* d'un nerf, phénomènes signalés d'abord par BALLET et MARINESCO (36), confirmés par FOA (27), et dont nous avons repris l'étude avec un de nos élèves, M. DE BEULE.

Quand on arrache chez un lapin le nerf hypoglosse, on constate que la phase de dissolution des éléments chromophiles est beaucoup plus intense que celle qui survient à la suite de la simple section du nerf. De plus, cette phase de dissolution n'est pas suivie de la phase de reformation, mais bien, ainsi que BALLET et MARINESCO l'ont signalé les premiers, de la disparition complète de toutes les cellules nerveuses.

Il résulte de nos recherches que cette destruction cellulaire est excessivement rapide : 15 jours après l'arrachement du nerf hypoglosse chez le lapin, plus de la moitié des cellules ont disparu. Chez un autre lapin, tué 35 jours après la même opération, il ne persiste plus une seule cellule nerveuse dans toute l'étendue du noyau correspondant à l'hypoglosse arraché.

Le phénomène de chromolyse survient-il inévitablement dans toute cellule d'origine d'un nerf moteur périphérique à la suite de la lésion de son axone ? MARINESCO (32) répond affirmativement à cette question. Nos recherches, (35 et 33), faites principalement sur le lapin, ne nous permettent pas de partager cette manière de voir.

Un fait incontestable c'est que la chromolyse est fatale dans les cellules d'origine d'un nerf moteur *cranien* sectionné quel qu'il soit. Cela résulte en toute évidence de nos nombreuses recherches expérimentales. Il n'en est pas de même pour les nerfs moteurs qui *dépendent de la moelle épinière*. Nous avons fait dans cette voie, en collaboration avec un de nos élèves, M. C. DE NEEFF, de nombreuses recherches expérimentales. Nous avons sectionné, sur un grand nombre de lapins et de chiens, la plupart des nerfs périphériques du membre thoracique et du membre abdominal. Nous avons même, à l'exemple de MARINESCO, réséqué ces nerfs sur une longueur de 1 à 2 centimètres chez le cobaye et nous n'avons jamais rencontré de cellules en chromolyse dans les segments correspondants de la moelle épinière.

Des résultats négatifs analogues aux nôtres ont été obtenus également par MARINESCO (37).

Dans quelques-unes de nos recherches, nous avons trouvé les cellules de la corne antérieure de la moelle correspondant au nerf lésé dans un état pyknomorphe manifeste. Ces cellules avaient donc réagi à la suite de la section de leur axone mais cette réaction cellulaire est totalement différente de celle que l'on observe dans les noyaux d'origine des nerfs moteurs craniens ; de plus, elle n'est pas constante.

Et cependant l'*arrachement* de ces mêmes nerfs, fait chez les mêmes animaux, était suivi de réaction cellulaire intense dans les cellules de la corne antérieure. Il résulte de ces recherches que les neurones moteurs spinaux du lapin, du chien et du cobaye opposent au traumatisme expérimental de leur axone une résistance beaucoup plus forte que les neurones moteurs cérébraux.

Si, à côté de ces résultats négatifs obtenus par nous *d'une façon constante* à la suite de la *section* ou de la *résection* d'un nerf moteur *spinal* chez les animaux, vous mettez les résultats positifs obtenus, dans les mêmes conditions, par NISSL, COLENBRANDER, SANO (38), CAJAL (39), KOHNSTAMM (40) et MARINESCO, ainsi que les résultats positifs obtenus également par SANO et par nous-même en collaboration avec DE BUCK (41) et avec NELIS dans la moelle épinière de l'homme dans les cas d'amputation récente, vous pourrez vous convaincre que les conditions qui déterminent le phénomène de chromolyse dans les neurones moteurs périphériques sont encore loin d'être complètement élucidées. La conclusion que nous avons tirée de nos recherches, à savoir que la section d'un nerf moteur spinal n'est pas *toujours* suffisante pour entraîner le phénomène de chromolyse dans les cellules d'origine, se trouve par là pleinement justifiée.

MARINESCO a contesté la justesse de cette conclusion. De l'avis de notre collègue (42) les résultats négatifs obtenus par nous et même par lui n'auraient aucune valeur. « Nous savons tous, dit-il, qu'en fait de théorie, on doit placer en première ligne les faits positifs, et s'il n'y avait même que quelques expériences positives, comme le sont celles de NISSL et de LUGARO, elles suffiraient amplement pour démolir l'hypothèse de VAN GEHUCHTEN à savoir : « la section ou bien la résection d'un nerf spinal n'est pas toujours suffisante pour entraîner chez le lapin la chromatolyse des cellules correspondantes de la moelle contrairement à ce qui se passe pour un nerf moteur cranien ». Nous avouons franchement ne rien comprendre à cette logique nouvelle de MARINESCO. Il n'y a pas ici de *théorie* en jeu; il y a uniquement la constatation d'un fait. La section ou la résection d'un nerf spinal entraîne-t-elle, oui ou non, le phénomène de chromolyse dans les cellules d'origine de ce nerf?

La réponse à cette question ne peut être faite que par des recherches expérimentales. Les résultats de ces recherches, qu'ils soient négatifs ou qu'ils soient positifs, doivent, pour la solution de la question, *avoir absolument la même valeur*. Les recherches de NISSL, LUGARO, COLENBRANDER, KOHNSTAMM, MARINESCO, etc. ont donné des résultats positifs. Les nombreuses recherches que nous avons faites avec C. DE NEEFF ne nous ont donné que des résultats négatifs. Il en est de même pour les premières recherches faites par MARINESCO. Que faut-il conclure de là? Si ce n'est que

la réaction cellulaire, connue sous le nom de chromolyse, ne se produit pas *toujours* à la suite de la section ou de la résection d'un nerf moteur spinal. Cette conclusion n'est pas *une hypothèse*, comme le pense MARINESCO, ce n'est que la traduction fidèle des faits observés par différents auteurs. Ces faits ne sont pas à nier. Mais il est de notre devoir de rechercher les conditions expérimentales dans lesquelles toutes ces recherches ont été faites afin de pouvoir déterminer le facteur inconnu qui est cause de cette différence profonde dans les résultats obtenus.

Littérature.

1. FLEMMING : *Vom Bau der Spinalganglienzellen.* Beiträge zur Anatomie und Embryologie als Festgabe für J. Henle von seinen Schülern, 1882. — 2. FLESCH : *Structurverschiedenheiten der Ganglienzellen in Spinalganglien.* Tagebl. der 57 Vers. deutsch. Naturforscher u. Aerzte. Magdeburg, 1884. — *Ueber die Nervenzellen in den peripheren Ganglien.* Tageblatt der Naturforscher Gesellsch. zu Strassburg. — FLESCH und KONEFF : *Bemerkungen über die Structur der Ganglienzellen.* Neurolog. Centralbl. 1886. — 3. H. KONEFF : *Beiträge zur Kenntniss der Nervenzellen in der peripheren Ganglien.* Inaugural-Dissertation. Bern, 186. — 4. A. GITISS : *Beiträge zur vergleichende Histotogie der peripheren Ganglien.* Inaug.-Dissertation. Bern. 1887. — 5. KOTLAREVSKY : *Physiologische und mikrochemische Beiträge zur Kenntniss der Nervenzellen.* Inaug.-Dissert., Berne, 1887. — 6. NISSL : *Mittheilungen zur Anatomie der Nervenzellen.* Allgem. Zeitschr. f. Psychiatrie. Bd. 50. 1894, pp. 270-376. — 7. VAS : *Studien über den Bau des Cromatins in der sympatischen Ganglienzellen.* Archiv. f, mikr. Anat., Bd. 40, 1892. — 8. HODGE : *Some Effects of Stimulating Ganglion Cells.* American Journal of Psychologie, vol. I, 1889. — *Some Effects of Electrically Stimulating Ganglion Cells.* Dissertation. American Journ.-Psych., vol. II, 1889. — *The process of recovery from the fatigue occasioned by the electrical stimulation of Ganglion Cells.* American Journ. Psych., vol. III, 1891. — *A Microscopical Study of Changes due to functional Activity in Nerve Cells.* Journal of Morphology, vol. VII, 1892. — 9. LAMBERT : *Note zur les modifications produites par l'excitation électrique dans les cellules nerveuses des ganglions sympathiques.* Comptes rendus de la société de Biologie, 4 Nov. 1893. — 10. MANN : *Histological changes induced in sympathetic, motor ond sensory nerve cells by functional activity.* Journal of Anat. and Phys., Bd. XXIX, 1894. — 11. LUGARO : *Sulle modificazioni delle cellule nervose nei diversi stati funzionali.* Lo sperimentale, Anno XLIX, 1895. — 12. PUGNAT : *Les modifications histologiques des cellules nerveuses dans l'état de fatigue.* Académie des Sciences, novembre 1897. — 13. NISSL : *Die Beziehungen der Nervenzellensubstanzen zu den thätigen, ruhenden und ermüdeten Zellzständen.* Allgem. Zeitschr. f. Psychiatrie, 1896, pp. 1147-1154. — 14. DE MOOR : *La plasticité morphologique des neurones cérébraux*, Archives de Biologie, 1896, pp. 723-752. — 15 PERGENS : *Action de la lumière sur les éléments nerveux de la rétine*, Bull. de l'Acad. royale de médecine de Belgique, 1896. — *Action de la lumière colorée sur la rétine.* Annales de la Société royale

des Sciences médic. et nat. de Bruxelles, t. VI, 1897. — 16. Fr. Pick : *Ueber morphologische Differenzen zwischen ruhenden und erregten Ganglienzellen.* Deutsche medicin. Wochenschrift, 1898, nº 22. — 17. Magini : *L'orientation des nucléoles des cellules nerveuses motrices dans le lobe électrique de la torpille. à l'état d'excitation.* Arch. ital. de Biologie, t. XXII. 1894. — 18. Valenza : *I cambiamenti microscopici delle cellule nervose nella loro attivita funzionale e sotto l'azione di agenti stimolanti e destruttori.* Atta della R. Accademia delle Scienze fis. et nat. di Napoli, 1895. — 19. Hodge : *Die Nervenzelle bei der Geburt und beim Tode an Alterschwache.* Anatom. Anz., 1894. — 20. Nissl : *Ueber die Veränderungen der Ganglienzellen am Facialiskern des Kaninchens nach Ausreissung der Nerven.* Allgem. Teitschr. f. Psychiatrie, Bd. 48, 1892, pp. 197-198. — *Ueber experimentell erzeugte Veränderungen an den Vorderhornzellen des Rüchenmarkes bei Kaninchen.* Allgem. Zeitschr. f. Psychiatrie, Bd. 48, 1892, pp. 675-681. — *Ueber eine neue Untersuchungsmethode des Centralorgans speciell zur Feststellung der Localisation der Nervenzelle.* Centralbl. f. Nervenheilk. und Psychiatrie, 1894, pp. 337-344. — 21. Marinesco : *Théorie des neurones.* Extrait de la Presse médicale. Paris, 1895. — *Des polynévrites en rapport avec les lésions primitives des cellules nerveuses.* Revue neurologique, 1896. pp. 129-141. — 22. Lugaro : *Nuovi dati e nuovi problemi nella patologia della cellula nervosa.* Rivista di patologia nervosa e mentale 1806, pp. 303-322. — 23. Flatau : *Einigs Betrachtungen über die Neuronlehre im Anschluss an frühzeitige, experimentell erzeugte Verpnderungen der Zellen des Oculomotoriuskerns.* Fortschrifte der Medicin, 1896, pp. 201-224. — 24. Colenbrander : *Over de struciuur der Gangltencel uit den voorsten Hoorn.* Ntrecht, 1896. — 25. Van Gehuchten : *Anatomie du système nerveux de l'homme.* 2e éd., 1897. — *L'anatomie fine de la cellule nerneuse.* Rapport présenté au XIIe Congrès intesnational de médecine. Moscou, 1897. — *Le phénomène de chromatolyse consécutif à la lésion pathologique ou expérimentale de l'axone.* Bull. de l'Académie de médecine de Belgique, 1897. — 26. Sano : *Les localisations motrices dans la moelle lombo-sacrée.* Journal de Neurologie, 1897. — *Les localisations des fonctions motrices de la moelle épinière*, Anvers, 1898. — 27. Foa : *Sulle alterazioni delle cellule del nucleo di origine in seguito a taglio o strappamento dell' ipoglosso.* Rivista di patologia nervosa e mentale. Vol IV,1899, pp. 23-34. — 28. Marinesco : *Des lésions primitives et des lésions secondaires de la cellule nerveuse.* Comptes rendus de la Société de Biologie, 1896. — *Pathologie générale de la cellule nerveuse.* La Presse médicale, 27 janvier 1897. — *L'histopathologie de la cellule nerveuse.* Revue générale des Sciences pures et appliquées. 30 mai 1897. — *Pathologie de la cellule nerveuse.* Rapport au Congrès de Moscou, 1897. — 29. Van Gehuchten : *Les connexions bulbaires du nerf pneumo-gastrique.* Comptes rendus de l'association des anatomistes. Bibliographie anatomique. Supplément 1899, p. 40. — 30. Retterer : Article *Chromatolyse* du Dictionnaire de physiologie de Richet. — 31. Kohnstamm : *Ueber retrograde Degeneration.* Schmidt's Jahrbücher der ges. Medicin. Bd, 261, p. 253. — 32. Marinesco : *Sur les phénomènes de réparation dans les centres nerveux après la section des nerfs périphériques.* La Presse médicale, 1898, pp. 201-206. — 33. Van Gehuchten : *Les phénomènes de réparation dans les centres nerveux après la section des nerfs périphériques.* La Presse médicale, 4 janvier 1899. — 34. Flatau : *Ueber Veränderungen des menschlichen Rückenmarks nach Wegfall grösserer Gliedmassen.* Deutsche med. Wochensch., nr 18, 1898. — 35. Van Gehuchten : *A propos du phénomène de chromatolyse.* Bull. de l'Acad. royale de médecine de Belgique, 1898. — 36. Ballet et Marinesco : *Lésions du noyau de l'hypo-*

glosse consécutives à l'arrachement d'un nerf. Société médicale des hôpitaux. 11 mars 1898. Semaine médicale, p. 108, 1898. — MARINESCO : *Veränderungen der Nervencentren nach Ausreissung der Nerven mit einigen Erwägungen betreffs ihrer Natur.* Neurolog. Centralbl., 1898. — 37. MARINESCO : *Contribution à l'étude des localisations des noyaux moteurs dans la moelle épinière.* Revue Neurologique, 30 juillet 1898, p. 464. — 38. SANO : *Nucleus diaphragmae.* Journal médical de Bruxelles, 20 oct. 1898. — 39. CAJAL : *El sistema nervioso del hombre y de los vertebrados,* 1er fasc., 1897, p. 165. — 40. KOHNSTAMM : *Zur Anatomie und Physiologie der Phrenicuskerns.* Fortschritte der Medicin, 1er sept. 1898, p. 643-653. — 41. VAN GEHUCHTEN et DE BUCK : *La chromatolyse dans les cornes antérieures de la moelle après désarticulation de la jambe et ses rapports avec les localisations motrices.* Journal de Neurologie, 1898. — *Contribution à l'étude des localisations des noyaux moteurs dans la moelle lombo-sacrée et de la vacuolisation des cellules nerveuses.* Revue neurologique, 1898. — 42. MARINESCO : *Les phénomènes de réparation dans les centres nerveux après la section des nerfs péripheriques.* La Presse Médicale, 1899, p. 185.

QUINZIÈME LEÇON

Eléments histologiques qui entrent dans la constitution du système nerveux.

(Suite).

**Modifications consécutives à la lésion du prolongement cylindraxile *(suite)*.
Modifications consécutives aux troubles circulatoires, aux empoisonnements et aux intoxications.
La signification du phénomène de chromolyse.
La neuroglie : cellules épendymaires et cellules de Deiters.
Hypothèses sur la valeur fonctionnelle de la neuroglie.**

Nous avons vu, dans la dernière leçon, que toute lésion du prolongement cylindraxile d'un neurone moteur cranien est suivie d'une réaction cellulaire manifeste. L'intensité de cette réaction est en rapport direct avec l'intensité du traumatisme. Les neurones moteurs dépendant de la moelle épinière semblent se comporter d'une façon quelque peu différente. La réaction cellulaire est manifeste à la suite de l'*arrachement* du nerf. Elle est, au contraire, incertaine à la suite de sa *section* ou de sa *résection*, sans que nous soyons en état de déterminer les conditions expérimentales nécessaires pour obtenir tantôt un résultat négatif, tantôt un résultat positif.

Voyons maintenant comment les cellules des neurones sensibles périphériques se comportent dans les mêmes conditions expérimentales.

Il y a ici lieu de distinguer entre le traumatisme porté sur le prolongement périphérique ou cellulipète et sur le prolongement central ou cellulifuge.

Section du prolongement cellulipète. Les recherches entreprises par Lugaro (1), Mering, Fleming (2) sur les ganglions spinaux et les nombreuses recherches que nous avons faites nous-même avec C. Nelis (3) sur le ganglion noueux du vague chez le lapin, ont montré que la section du prolongement périphérique entraîne dans les cellules correspondantes des ganglions cérébro-spinaux les mêmes modifica-

tions que celles que nous avons décrites pour les cellules motrices : la dissolution de la substance chromophile, la turgescence du corps cellulaire et le déplacement du noyau. Les résultats de ces recherches expérimentales ont été confirmées tout récemment par CASSIRER (3') pour les ganglions spinaux du lapin. Ces modifications sont même plus précoces que dans les cellules motrices ; elles atteignent leur maximum d'intensité environ 15 jours après la lésion. A partir de ce moment les cellules présentent une légère tendance à passer de la phase de dissolution à la phase de reformation des éléments chromophiles ; on voit, en effet, dans un certain nombre de cellules quelques blocs de substance chromophile se reconstituer au centre du corps

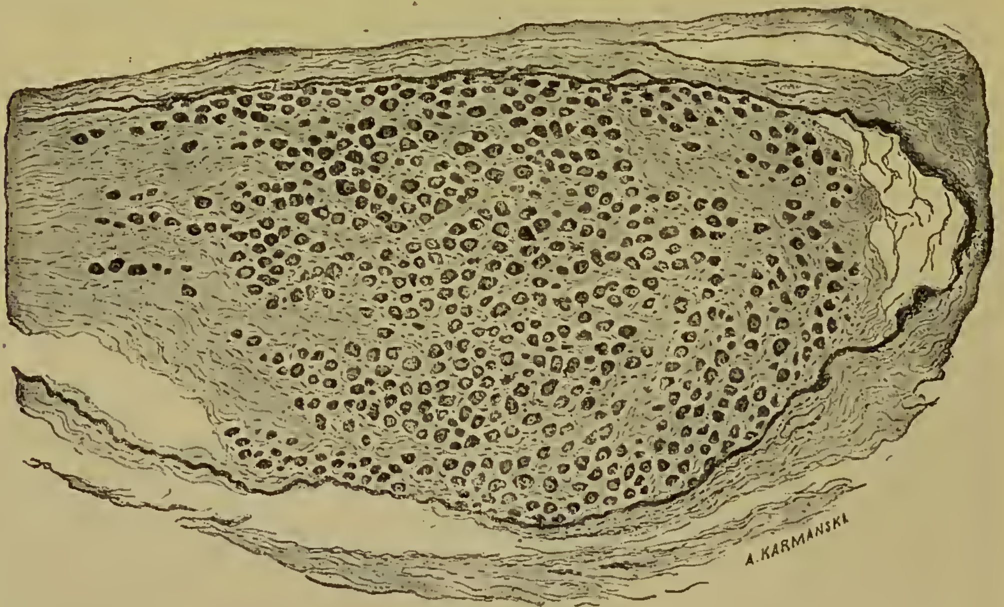


FIG. 196.
Coupe longitudinale d'un ganglion noueux ou plexiforme normal du lapin.
(*Cliché fourni par la* Presse Médicale.)

cellulaire. Mais cette tendance à la phase de réparation n'est pas de longue durée ; elle fait bientôt place à une phase de désorganisation qui aboutit à la destruction complète de la cellule. Cette destruction cellulaire est frappante quand on compare l'une à l'autre une coupe longitudinale d'un ganglion noueux d'un lapin normal, FIG. 196, avec une coupe du même ganglion provenant d'un lapin tué 90 jours après la section du nerf vague dans la région cervicale, FIG. 197. Cette destruction cellulaire à la suite de la section du prolongement périphérique des ganglions cérébro-spinaux a été mise en lumière par LUGARO et par nous. Elle a été contestée, dans ces derniers temps, par MARINESCO (4). Si les résultats négatifs obtenus par cet auteur se confirment, ils prouveront

encore une fois que, pour les neurones sensibles périphériques aussi bien que pour les neurones moteurs, nous sommes loin de connaître toutes les conditions qui interviennent dans la production du phénomène de chromolyse. La section seule du nerf ne peut pas tout expliquer puisque cette section faite par des opérateurs différents semble produire des résultats différents.

Section du prolongement cellulifuge. Contrairement à ce qui se passe dans les cellules des ganglions cérébro-spinaux à la suite de la section du prolongement périphérique, la section du prolongement central (fibres des racines postérieures) n'est suivie d'aucune réaction cellulaire. Ces recherches, qui ont été faites d'abord par Lugaro sur le chien, ont été reprises par nous et par Nelis sur des chiens et des



Fig. 197.
Coupe longitudinale d'un ganglion noueux de lapin, quatre-vingt-dix jours après la section du vague et du sympathique dans la région cervicale (le nerf laryngé supérieur et le rameau cardiaque ont été respectés).
(*Cliché fourni par la* Presse Médicale.)

lapins, non seulement pour les ganglions spinaux, mais aussi pour le ganglion noueux du vague. Dans aucune de nos recherches expérimentales nous n'avons trouvé de cellules lésées dans le ganglion correspondant.

Les cellules des ganglions cérébro-spinaux se comportent donc d'une façon différente suivant qu'on leur sectionne le prolongement cellulipète ou le prolongement cellulifuge. La section du prolongement

cellulipète entraîne une chromolyse intense suivie, au moins chez les animaux, de la destruction complète de la cellule correspondante ; la section du prolongement cellulifuge reste, au contraire, sans effet sur la cellule d'origine. Ce fait est important à signaler surtout si on le place en regard de cet autre fait : c'est que pour le neurone *moteur* périphérique la chromolyse, au moins pour les nerfs craniens, est toujours la conséquence de la lésion du prolongement cellulifuge.

Si nous nous demandons maintenant la façon dont se comportent les neurones moteurs et sensibles des *centres nerveux* à la suite de la lésion du prolongement cylindraxile, nous voyons qu'ici encore la réaction cellulaire varie d'après le neurone que l'on considère.

Il résulte des recherches expérimentales de BALLET et FAURE (5) que la section expérimentale des fibres de la voie motrice centrale entraîne, chez le chien, la chromolyse des cellules pyramidales correspondantes de l'écorce, suivie bientôt de la destruction complète de ces cellules. La même réaction cellulaire a été signalée par DOTTO et PUSATERI (6) et par MARINESCO (7) dans les grandes cellules pyramidales des circonvolutions centrales chez l'homme après destruction des fibres de la capsule interne. Conformément aux observations faites par V. MONAKOW (8), cette réaction cellulaire est suivie bientôt de la disparition complète de ces cellules pyramidales.

Les neurones moteurs des centres semblent donc se comporter tout autrement que les neurones moteurs périphériques à la suite de la section de leur prolongement cylindraxile : ces derniers passent de la phase de réaction à la phase de réparation tandis que pour les premiers la phase de réaction est suivie de la phase de dégénérescence.

Si nous comparons entre eux les neurones moteurs centraux et périphériques, au point de vue de la résistance qu'ils opposent à la lésion de leur prolongement cylindraxile, nous voyons que, de tous les neurones moteurs, les plus résistants semblent être les neurones *périphériques dépendant de la moelle épinière* : la section de leur axone n'entraîne pas *toujours* de réaction cellulaire. Puis viennent les neurones périphériques dépendant de l'encéphale : la section de leur axone est suivie, il est vrai, de la dissolution des éléments chromophiles ; mais à cette phase de dissolution fait suite une phase de reformation. Les neurones moteurs corticaux semblent les plus vulnérables : la section de leur axone est suffisante pour entraîner leur dégénérescence complète.

L'étude des neurones sensibles des centres est plus difficile à faire. Un point établi par les observations anatomo-pathologiques de MARINESCO, de SANO (10) et par nos recherches expérimentales faites sur le chien (11), c'est que la compression ou la section des fibres du faiscau cérébelleux est suivie du phénomène de chromolyse dans les cellules de la colonne de CLARKE.

Ces neurones sensibles des centres se comportent donc d'une façon autre que les neurones sensibles périphériques, puisque la section de leur prolongement *cellulifuge* est suivie de réaction cellulaire manifeste. De plus, d'après les recherches de SANO (12), cette chromolyse des cellules de la colonne de CLARKE semble entraîner à sa suite leur destruction complète.

Quant aux autres neurones sensibles de la moelle épinière, nous ne savons rien de la façon dont le corps cellulaire se comporte à la suite de la lésion du prolongement cylindraxile. Nous avons, pour élucider cette question, pratiqué sur un certain nombre de lapins l'hémisection de la moelle cervicale dans le but de rechercher la place occupée par les cellules d'origine des fibres du faisceau de GOWERS. Mais nous n'avons jamais rencontré de cellules en chromolyse dans la substance grise de la partie sous-jacente de la moelle, abstraction faite des cellules de la colonne de CLARKE. Peut-être ces cellules sont-elles trop pauvres en substance chromophile pour que la section de leur axone puisse y amener des troubles assez profonds pour pouvoir être mis en évidence par nos moyens actuels d'investigation.

Vous voyez par tout ce qui précède que les conditions qui déterminent le phénomène de chromolyse à la suite de la lésion du prolongement cylindraxile d'un neurone ne sont pas si faciles à déterminer qu'on aurait pu le croire au premier abord et que les auteurs qui affirment, à l'exemple de MARINESCO, que la section d'un nerf, moteur ou sensible, quel qu'il soit, est *toujours* suivie du phénomène de chromolyse dans les cellules correspondantes ne mettent pas leurs affirmations d'accord avec les faits.

Modifications consécutives aux troubles circulatoires, aux empoisonnements et aux intoxications.

Les modifications cellulaires que nous venons de décrire sont généralement considérées comme des *lésions secondaires* des cellules nerveuses, n'envahissant le corps cellulaire que consécutivement à la lésion du prolongement cylindraxile. A côté de ces lésions secon-

daires, la cellule nerveuse peut être le siège de modifications spéciales survenant à la suite d'une action *directe* de l'agent nocif sur le protoplasme cellulaire lui-même. A l'exemple de MARINESCO, on désigne ces modifications sous le nom de *lésions primitives*.

Ces lésions primitives des cellules nerveuses ont été décrites, par un grand nombre d'auteurs, dans les cellules de la moelle à la suite de la ligature temporaire de l'aorte abdominale (SARBO, MARINESCO, BALLET et DUTIL, JULIUSBURGER, ROTHMANN, RIGHETTI), dans les empoisonnements par l'arsenic et par le plomb (NISSL, SCHAFFER, LUGARO, MARINESCO, SOUKHANOFF), par le phosphore (NISSL, SARBO), par l'antimoine (SCHAFFER), par le mercure (DOTTO), par l'argent (NISSL), par l'alcool (VAS, DETRIO, BERKLEY, NISSL, TRÖMMER, MARINESCO), par la morphine (SARBO), par le bromure, la cocaïne, l'antipyrine (PANDI), par la nicotine (PANDI, VAS), par l'ergotine et la quinine (DOTTO), par le trional (TROMMER, NISSL), la vératrine et la strychnine (NISSL), le sulfure de carbone, par le nitrile malonique (GOLDSCHEIDER et FLATAU).

Des recherches analogues ont été entreprises dans diverses intoxications expérimentales par le bacille du tétanos (BECK, NAGEOTTE et ETTLINGER, DE BUCK et DE MOOR) par la toxine du tétanos (MARINESCO), par la rage (BABÈS, MARINESCO, NELIS), etc.

On a étudié également les modifications survenant dans les cellules nerveuses à la suite de l'inanition, dans l'hyperthermie expérimentale (GOLDSCHEIDER et FLATAU, MARINESCO, LUGARO, etc.), dans l'urémie (ACQUISITO et PUSATERI, SACERDOTTI et OTTOLENGHI), dans l'intoxication consécutive à l'extirpation des capsules surrénales (NAGEOTTE et ETTLINGER), dans l'infection expérimentale par la peste bubonique (LUGARO), etc.

Un fait important se dégage de toutes ces recherches expérimentales : quelle que soit la lésion qui retentit sur une cellule nerveuse somatochrome, cette cellule commence toujours par répondre de la même façon, par une modification de ses éléments chromophiles ; mais tandis que, dans les lésions secondaires, le phénomène de chromolyse débute toujours au centre de la cellule nerveuse pour envahir de là les éléments chromophiles des couches périphériques, MARINESCO a fait remarquer que, dans les lésions primitives, la modification des éléments chromophiles commence par les couches périphériques du protoplasme pour envahir de là les parties centrales. Dans le premier cas la chromolyse est centrale, dans le second cas, elle est périphérique (MARINESCO). Nous avons fait remarquer (13) que cette modification déterminée par les lésions primitives n'était pas une véritable chromolyse puisqu'il n'y a pas dissolution de la substance chromophile ; il semble plutôt y avoir simple *disparition* des éléments chromophiles périphériques. Ce serait plutôt de l'*achromatose péri-*

phérique. De plus, cette distinction entre la chromolyse périphérique et la chromolyse centrale n'est pas si nettement tranchée que Marinesco semble bien l'admettre puisque, dans un grand nombre de cas de lésions primitives, il y a véritablement de la chromolyse centrale comme dans les lésions secondaires.

Toutes ces recherches expérimentales ont eu comme effet utile de nous renseigner sur la véritable signification du phénomène de chromolyse. Lorsque Nissl a décrit pour la première fois ces modifications particulières du protoplame des cellules nerveuses, il les considérait comme des *phénomènes régressifs ;* plus tard Marinesco les considérait comme des *phénomènes de dégénérescence* et avait proposé de les désigner sous le nom de *dégénérescence de Nissl.* Nous avons montré (3) que ces modifications cellulaires n'étaient pas aussi profondes et n'étaient pas aussi importantes au point de vue fonctionnel du neurone que ces auteurs le croyaient. Nous ne les avons considérées que comme la manifestation extérieure d'un simple trouble cellulaire n'intéressant que la substance chromophile, comme la manière spéciale dont la cellule nerveuse réagissait vis-à-vis d'une lésion périphérique. Les recherches ultérieures sont venues confirmées cette manière de voir. Elles ont montré en toute évidence que l'état de chromolyse d'une cellule nerveuse était parfaitement compatible avec le fonctionnement normal du neurone. Il s'ensuit que même les expressions de *lésions* primitives et secondaires ne sont guère justifiées puisque la dissolution des éléments chromophiles ne peut pas être considérée comme une *lésion* du neurone.

En réfléchissant bien à tous les faits connus jusqu'à présent, nous serions plutôt enclin à considérer le phénomène de chromolyse comme une réaction *utile* du neurone, réaction qui survient chaque fois que ce neurone se trouve lésé dans son intégrité anatomique et qui lui permet de résister plus avantageusement à la lésion subie.

La Neuroglie.

Le second élément qui entre dans la constitution du tissu nerveux central est un élément de soutien, l'élément *neuroglique.*

On trouve, dans l'axe cérébro-spinal, deux espèces de cellules qui représentent cet élément de soutien : les *cellules épendymaires* et les *cellules de Deiters*, appelées encore *cellules en araignée*, *cellules de neuroglie* proprement dites ou *astrocytes.*

Les *cellules épendymaires* forment le revêtement épithélial de toutes les cavités centrales de l'axe cérébro-spinal.

On savait depuis longtemps que les cavités ventriculaires et le canal central de la moelle épinière étaient tapissés par un épithélium cylindrique. Golgi, le premier, a montré que ces cellules épithéliales possèdent, au moins chez l'embryon, un prolongement périphérique qui traverse toute l'épaisseur de l'axe cérébro-spinal pour aller se terminer en dessous de la pie-mère enveloppante. Ces cellules épendymaires ont été retrouvées, avec la même disposition typique, dans le système

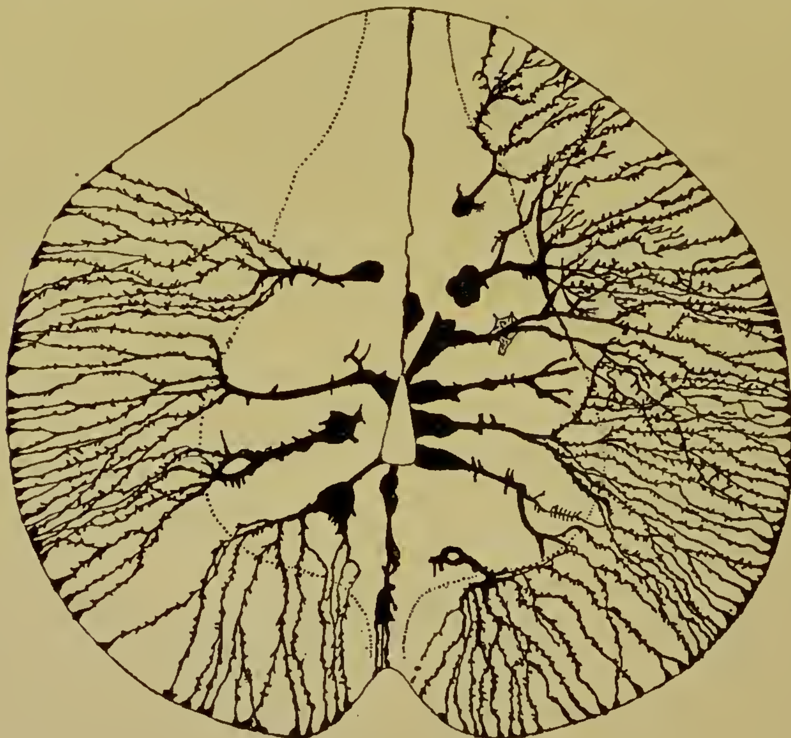


Fig. 198.

Cellules épendymaires de la moelle épinière d'une jeune salamandre.

nerveux central de tous les vertébrés, au moins pendant les premiers temps du développement embryologique. Chez les batraciens et chez un certain nombre de poissons, ces cellules épendymaires conservent, même chez l'adulte, leur disposition primitive. Dans le système nerveux central de la salamandre, fig. 198, ces cellules sont remarquables par le développement de leur corps cellulaire situé dans le voisinage immédiat de la coupe du canal central et par les nombreuses branches de division et de subdivision qui naissent de leur prolongement périphérique et qui toutes vont se terminer, par un petit cône épaissi, à la surface du névraxe. Chez les vertébrés supérieurs, les oiseaux et les mammifères, ces cellules se présentent sous une forme beaucoup plus simple.

Pendant les premiers temps du développement embryonnaire, elles s'étendent depuis la cavité ventriculaire jusqu'à la surface libre du névraxe, FIG. 199. Elles ne conservent cette disposition embryonnaire qu'à certains endroits de l'axe nerveux de l'adulte et notamment sur toute l'étendue du plan médian au devant et en arrière de la coupe des cavités ventriculaires. Partout ailleurs ces cellules se modifient, en ce sens que leur prolongement périphérique s'atrophie et disparait presque complètement. Ces modifications surviennent de bonne heure

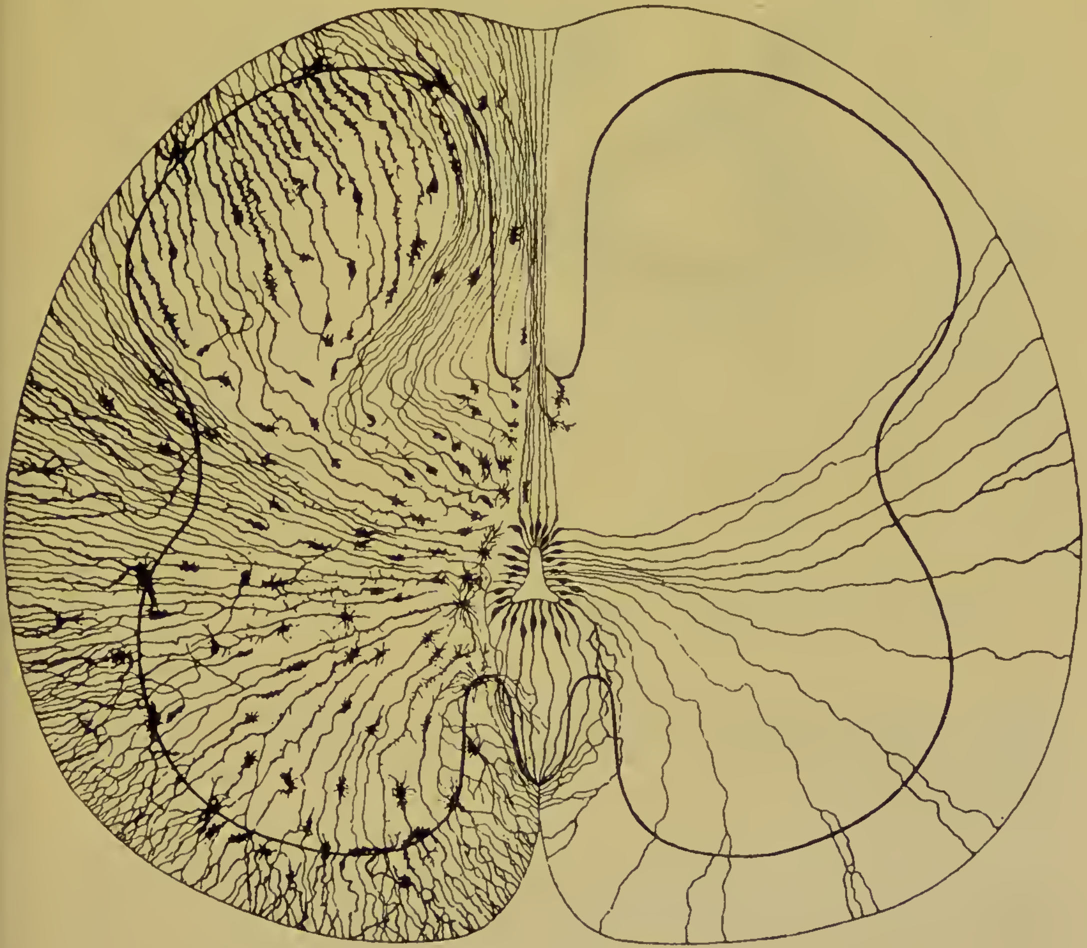


FIG. 199.
Coupe transversale de la moelle épinière d'un embryon humain de 14 centimètres montrant la disposition de la neuroglie.
A droite les cellules épendymaires, à gauche, les cellules de neuroglie.
(d'après v. LENHOSSEK).

dans la moelle épinière de l'homme; c'est ainsi que sur des coupes provenant de la moelle d'un embryon de 32 centimètres de longueur, FIG. 200, on voit le prolongement périphérique de toutes les

cellules épendymaires qui tapissent les parois latérales du canal central se terminer dans le voisinage immédiat de ce dernier. Seules les cellules épendymaires médianes antérieures et postérieures s'étendent jusqu'à la surface de la moelle, les unes jusqu'au fond de la fissure médiane antérieure, les autres jusqu'au fond du sillon médian postérieur.



Fig. 200.
Cellules épendymaires de la moelle lombaire d'un enfant né à 7 mois.

Ces cellules épendymaires proviennent des cellules épithéliales qui, avec les cellules germinatives, constituent primitivement toute l'épaisseur de la paroi du canal neural primitif. Nous avons dit que dès que les cellules germinatives cessent de se multiplier elles prennent le nom de *neuroblastes* que His (14) leur a donné. Par opposition à ces neuroblastes, His appelle *spongioblastes* les cellules épithéliales primitives. Les neuroblastes se transforment en neurones, les spongioblastes en cellules épendymaires.

En dehors des cellules épendymaires, on trouve, dans toute l'étendue de la substance blanche et de la substance grise de l'axe cérébro-spinal, un grand nombre de cellules spéciales, de volume variable, pourvues de nombreux prolongements grêles, raides et rarement bifurqués. Tantôt ceux-ci sont très courts et transforment la cellule en une boule épineuse; d'autres fois, ils sont plus longs et transforment la cellule en une espèce de rosace, fig. 201. Le plus souvent, ils sont excessivement longs et grêles et s'étendent à une distance variable de la cellule d'origine, fig. 202 et 203. Tous ces prolongements se terminent librement sans anastomoses. Ces cellules sont

connues depuis longtemps; on leur a donné, à cause de leur aspect spécial, le nom de *cellules en araignée;* on les appelle encore *cellules de Deiters*. Actuellement on les désigne généralement sous le nom de *cellules de neuroglie* ou encore sous le nom d'*astrocytes*. Quelques auteurs, tels que RANVIER (15) et WEIGERT (16), considèrent les prolongements longs et grêles comme indépendants des cellules et les décrivent sous le nom de *fibres de neuroglie*. Les imprégnations obtenues par le chromate d'argent prouvent, en toute évidence, que ces fibres indépendantes n'existent pas, qu'elles ne représentent que les prolongements des cellules, de telle sorte que la neuroglie est formée exclusivement de cellules enchevêtrées par leurs prolongements.

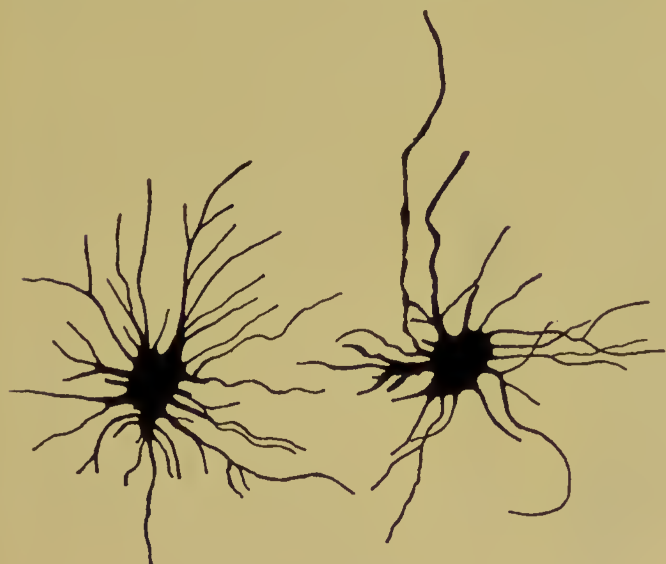


FIG. 201.

Cellules de neuroglie de la substance blanche du cerveau de l'homme.

WEIGERT a publié un travail important sur la structure de la neuroglie. Dans ce travail il relate les résultats que lui a donnés une méthode de coloration spéciale découverte par lui et qui a de remarquable qu'elle colore, dans le système nerveux central de l'homme, tous les éléments constituants de la neuroglie à l'exclusion de tous les éléments nerveux. En se basant sur ces recherches, WEIGERT s'efforce de démontrer que, chez l'homme adulte au moins, la neuroglie se compose de deux éléments indépendants l'un de l'autre : des cellules et des fibres; de ces deux éléments les fibres doivent être considérées comme représentant l'élément constituant principal, essentiel de la neuroglie. Ces fibres de neuroglie ne sont pas les prolongements des cellules, mais des éléments indépendants des cellules, éléments complètement différenciés du protoplasme cellulaire, quelque chose d'analogue aux fibres du tissu conjonctif ou aux fibres du tissu élastique.

Ces conclusions de WEIGERT reposent sur un fait incontestable : avec la méthode de coloration découverte par ce savant le corps protoplasmatique des cellules de neuroglie reste incolore, tandis que les prolongements — qui, d'après les résultats fournis par la méthode de GOLGI, dépendent de ce corps cellulaire, c'est-à-dire les

fibres de neuroglie de WEIGERT — se colorent insensément, FIG. 204. De ce fait incontestable WEIGERT tire cette conclusion, à laquelle tout le monde doit souscrire, c'est que la constitution chimique doit être différente dans le corps cellulaire et dans les prolongements qui en dépendent. Mais cette différence dans la constitution chimique ne prouve en aucune façon que ces deux parties chimiquement différentes, fibres et corps cellulaire, ne soient pas deux parties dépendant d'une seule et même cellule.



FIG. 202.

Quelques cellules de neuroglie de la moelle épinière d'un embryon de veau.

La nouvelle méthode de WEIGERT est excellente pour nous donner une idée exacte de la quantité de neuroglie qui existe dans le système nerveux et du mode de répartition de ces éléments dans les diverses parties du névraxe, mais elle n'est nullement en état, à notre avis, de fournir la preuve qu'il existe, dans la neuroglie, des cellules et des fibres indépendantes.

Entre ces deux opinions extrêmes est venue se mettre, dans ces derniers temps, une opinion mixte. REINKE (17) admet que les cellules de neuroglie mises en évidence par le chromate d'argent existent en réalité telles que nous venons de les décrire, mais qu'à côté de ces cellules neurogliques pourvues de longs prolongements protoplastiques à terminaison libre, il existe aussi des fibrilles de neuroglie morphologiquement, physiquement et chimiquement différentes du corps cellulaire et des prolongements pro-

toplasmatiques. Ces fibrilles sont formées par le protoplasme des cellules de neuroglie; elles se trouvent en partie dans ce protoplasme et en partie à sa surface; elles ont chez l'adulte une direction opposée à celles des prolongements protoplasmatiques. Ceux-ci affectent principalement une disposition parallèle aux fibres nerveuses de la substance blanche, tandis que les véritables fibrilles de neuroglie auraient une disposition perpendiculaire à la direction de ces fibres nerveuses. Ces fibrilles de neuroglie se seraient émancipées, pendant le cours du développement, des cellules de neuroglie pour devenir indépendantes.

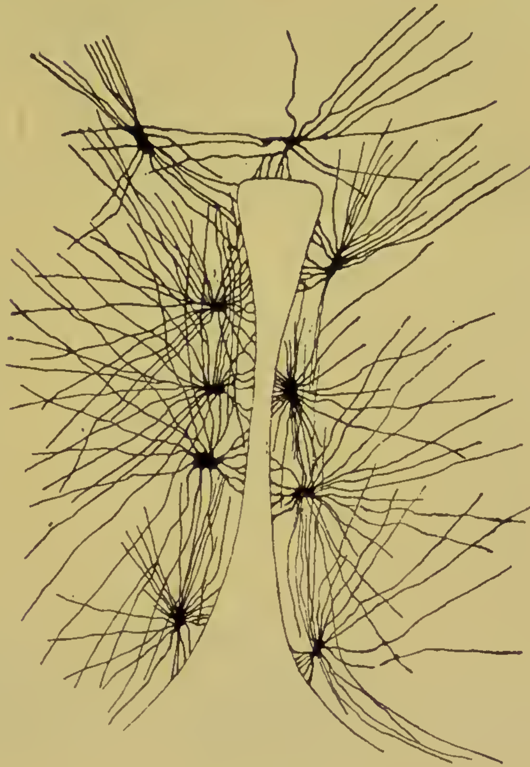


FIG. 203.

Cellules de neuroglie dans la partie inférieure du myélencéphale d'un enfant nouveau-né.

Les auteurs ne sont pas d'accord sur l'origine des cellules de neuroglie. Les uns les considèrent comme des cellules conjonctives venues du dehors avec le tissu conjonctif qui enveloppe les artérioles et les veinules. Les autres sont d'avis que ces cellules en araignée ne représentent que des cellules épendymaires modifiées, qui, par atrophie de leur prolongement central, ont perdu toute connexion avec la cavité ventriculaire. Les observations que nous avons faites sur les moelles embryonnaires de poulet nous font partager cette seconde manière de voir.

Valeur fonctionnelle de la neuroglie.

Un rôle incontestable que les éléments neurogliques remplissent dans l'édification du système nerveux central, c'est celui que les lésions pathologiques mettent en pleine évidence : dès qu'en un point quelconque il y a disparition de fibres nerveuses ou de cellules nerveuses, les éléments neurogliques se multiplient pour venir

occuper l'espace laissé libre par la disparition des parties nerveuses. Les parties du système nerveux ainsi envahies par les cellules de neuroglie portent le nom de *parties sclérosées*.

Golgi et ses élèves, de même que Nansen, admettent que les prolongements protoplasmatiques des cellules nerveuses servent uniquement et exclusivement à la nutrition des éléments nerveux;

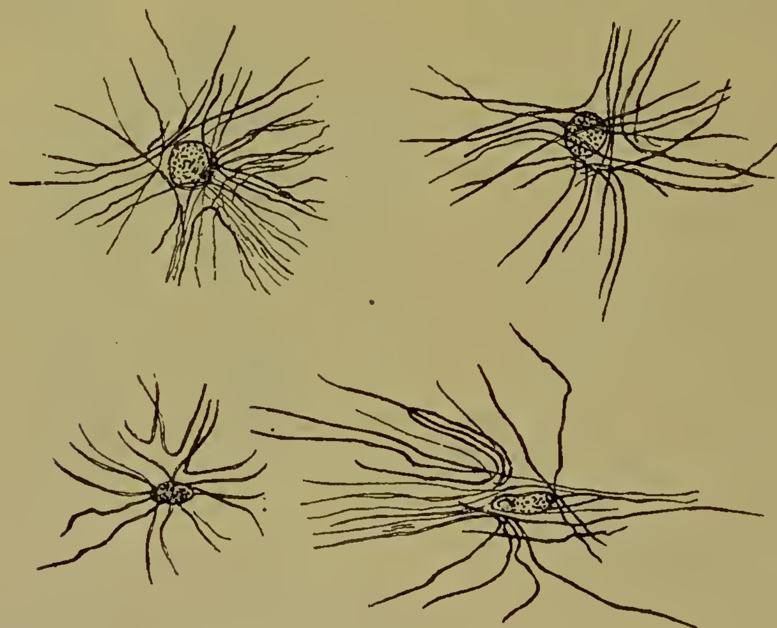


Fig. 204.
Cellules et fibres de neuroglie (d'après Weigert).

ces prolongements protoplasmatiques, pour remplir cette fonction de nutrition, se mettraient en connexion avec la paroi des vaisseaux et avec les prolongements des cellules de neuroglie; celles-ci interviendraient donc également comme appareil de nutrition des neurones. Mais ces connexions morphologiques entre les prolongements des cellules nerveuses et les cellules de neuroglie n'existent pas.

P. Ramon, (18) Cajal (19) et Cl. Sala (20) défendent l'idée que les éléments de neuroglie ont pour fonction de s'interposer principalement entre les fibres nerveuses afin de les isoler les unes des autres et d'empêcher ainsi les contacts nuisibles à la transmission de l'influx nerveux. Weigert fait remarquer à juste titre que si telle est la fonction des cellules de neuroglie, il est étrange que ces cellules prédominent alors dans la substance blanche où les fibres sont suffisamment isolées les unes des autres par leur gaine de myéline et qu'elles

existent beaucoup moins développées dans la substance grise, précisément là où les ramifications cylindraxiles, dépourvues de gaine de myéline, doivent s'entrecroiser les unes avec les autres pour se mettre en contact avec les prolongements protoplasmatiques et avec le corps des cellules nerveuses.

LLOYD ANDRIEZEN (21) a déjà fait remarquer que les cellules de neuroglie sont généralement plus abondantes autour des vaisseaux. Il en a conclu que cette couche de cellules de neuroglie pourrait bien avoir pour fonction de protéger les éléments nerveux contre les dilatations brusques de ces vaisseaux sous l'influence de l'ondée sanguine qu'y amène chaque pulsation cardiaque. WEIGERT appelle à son tour l'attention sur l'épaisse couche de neuroglie qui enveloppe tout le système nerveux central. En présence de ces faits il est porté à admettre qu'au moins une des fonctions des éléments de neuroglie serait de protéger les éléments nerveux contre les influences mécaniques venus du dehors.

CAJAL (22) est tenté d'attribuer aux cellules de neuroglie un rôle beaucoup plus important.

Nous avons vu, dans une des leçons précédentes, que ce savant a critiqué l'hypothèse de DUVAL et de LÉPINE, d'après laquelle les ramifications terminales des prolongements des cellules nerveuses seraient douées de mouvements amiboïdes, grâce auxquels les connexions entre neurones distincts pourraient, dans des circonstances données, ou s'interrompre ou devenir plus intimes.

Dans le jeu des phénomènes psychiques, CAJAL considère les neurones comme fixes; l'élement variable pour lui, celui dont les contractions ou les dilatations ont pour but d'établir ou de suspendre les connexions entre les différents neurones, serait représenté par les cellules de neuroglie.

CAJAL distingue trois espèces de cellules de neuroglie : les *cellules de neuroglie de la substance blanche*, les *cellules neurogliques péri-vasculaires* et les *cellules de neuroglie de la substance grise.*

Les cellules neurogliques de la substance blanche sont volumineuses et pourvues de prolongements raides, lisses, à contours bien délimités. Ces éléments sont fixes. Ils auraient pour fonction de s'interposer entre les fibres nerveuses de la substance blanche comme élément mauvais conducteur des courants nerveux, ils auraient en même temps pour fonction de faciliter la circulation de la lymphe.

Les cellules neurogliques péri-vasculaires n'existent que dans le

voisinage immédiat des capillaires de la substance grise. Un ou plusieurs des prolongements de ces cellules de neuroglie vont s'insérer sur la face externe de l'endothélium des capillaires. Sur les parois de chaque capillaire s'insèrent, d'après CAJAL, des douzaines de ces prolongements rayonnant dans tous les sens. Nous avons vu que ANDRIEZEN et WEIGERT avaient attribué à ces cellules de neuroglie péri-vasculaires un *rôle passif* : celui de protéger les éléments nerveux voisins contre les dilatations brusques des capillaires. CAJAL leur fait jouer un *rôle actif* : il considère tous leurs prolongements comme des pseudopodes s'insérant sur la paroi des capillaires et dont la contraction active a pour résultat immédiat de produire des dilatations locales des vaisseaux et, par là, des congestions physiologiques liées à l'intensité plus ou moins grande des processus psychiques.

Les cellules de neuroglie de la substance grise présentent une physionomie particulière, tout-à-fait caractéristique. Leur forme est variable : tantôt elles sont pourvues de prolongements courts et épais, d'autres fois elles présentent des prolongements longs, nombreux, hérissés de ramilles secondaires et tertiaires. Ces deux formes correspondent, d'après CAJAL, à deux états physiologiques distincts des mêmes cellules neurogliques : le premier c'est l'état de contraction, le second l'état de relâchement. CAJAL fait remarquer que ces cellules sont surtout abondantes dans les régions du névraxe où les contacts sont nombreux entre neurones distincts, comme par exemple, dans la couche moléculaire de l'écorce cérébrale. Quand ces cellules de neuroglie sont à l'état de relâchement, dit CAJAL, leurs prolongements s'allongent, se couvrent de ramilles secondaires et tertiaires; celles-ci s'engagent entre les ramifications protoplasmatiques et cylindraxiles, écartent ces ramifications les unes des autres et interrompent les contacts. De cette façon s'expliquerait le sommeil soit normal, soit artificiel.

Quand, au contraire, les cellules de neuroglie sont en état de contraction : leurs prolongements se raccourcissent, les ramilles secondaires et tertiaires se retirent et le contact entre neurones se rétablit.

Les cellules cérébrales passent donc de l'état de repos à l'état d'activité par la contraction des prolongements des cellules de neuroglie. Cette contraction, dit CAJAL, peut se faire automatiquement ou bien peut avoir lieu sous l'influence de la volonté.

Si cette manière de voir devait être conforme à la réalité nous

devrions renverser toutes les idées actuellement régnantes sur l'organisation interne du système nerveux central et sur la valeur relative des éléments qui entrent dans sa constitution. Tous les auteurs ont toujours cru jusqu'ici que, des deux éléments constituants du névraxe : les cellules nerveuses et les cellules de neuroglie, les premiers représentaient l'élément important, l'élément actif par excellence, le second n'étant qu'un élément ou de remplissage, ou de soutien, venant s'interposer entre les neurones. Et voilà que du coup les rôles seraient renversés : l'élément conducteur serait toujours la cellule nerveuse, mais cette cellule ne jouerait plus qu'un rôle passif, qu'un rôle tout-à-fait secondaire dans le mécanisme des phénomènes nerveux; le rôle principal, le rôle important, le seul rôle actif reviendrait aux cellules de neuroglie de la substance grise dont les contractions ou les dilatations régleraient ou la mise en activité ou la mise au repos de toutes les fonctions cérébrales. Nous n'agirions plus, de par notre volonté, directement sur les cellules nerveuses de l'écorce, mais uniquement sur les cellules de neuroglie interposées entre ces dernières.

C'est là une conclusion à laquelle il nous est impossible de souscrire. Cette hypothèse sur le mécanisme anatomique des phénomènes psychiques semble d'ailleurs avoir été abandonnée par CAJAL lui-même puisqu'il n'en fait pas mention dans son livre sur l'anatomie des centres nerveux en cours de publication.

Outre les éléments nerveux et les éléments de neuroglie, tous deux d'origine ectodermique, on trouve encore dans la structure de l'axe cérébro-spinal des éléments d'origine mésodermique : les vaisseaux sanguins.

Littérature.

1. LUGARO : *Nuovi dati et nuovi problemi nella patologia della cellulu nervosa.* Rivista di patologia nervosa e mentale, 1896, p. 317. — *Sulle alterarioni delle cellule nervose dei gangli spinali in seguito al taglio della branca periferica o centrale del loro prolungamento.* Ibid., 1896, pp. 457-470. — 2. FLEMING : *The effect of ascending degeneration on the Nerve cells of the Ganglia.* The Edinburgh medical Journal. March 1897. — 3. VAN GEHUCHTEN : *L'anatomie fine de la cellule nerveuse.* La Cellule, 1898. — 3' CASSIRER : *Ueber Veränderungen der Spinalganglienzellen und ihrer centralen Fortzätze nach Durch-*

schneidung der zugehörigen peripheren Nerven. Deutsche Zeitschrift für Nervenheilkunde Bd. 14, 1898, pp. 150-166. — 4. MARINESCO : *Sur les phénomènes de réparation dans les centres nerveux après la section des nerfs périphériques.* La Presse médicale, 1898, p. 201-206. — 5. BALLET et FAURE : *Atrophie des grandes cellules pyramidales dans la zone motrice de l'écorce cérébrale après la section expérimentale des fibres de projection chez le chien.* La Semaine médicale, 1899. — 6. DOTTO et PUSATERI : *Sulle alterazioni degli elementi della corteccia cerebrale.* Rivista di patologia nervosa e mentale, 1897. — 7. MARINESCO : *Sur les altérations des grandes cellules pyramidales consécutives aux lésions de la capsule interne..* Bull. et Mémoires de la Société Médicale des Hopitaux de Paris, 24 mars 1899, et Revue Neurologique, 30 mai 1899. — 8. v. MONOKOW : *Gehirnpathologie.* Wien, 1897. — 10. SANO : *Les localisations motrices dans la moelle lombo-sacrée.* Journal de Neurologie, 1897, p. 277. — 11. VAN GEHUCHTEN : *Etat des réflexes et anatomie pathologique de la moelle lombo-sacrée dans les cas de paraplégie flasque due à une lésion de la moelle cervico-dorsale.* Journal de Neurologie, 1898. — 12. SANO : *Le mécanisme des réflexes.* Journal de Neurologie, 1898, p. 320. — 13. VAN GEHUCHTEN : *Chromatotyse centrale et chromatolyse périphérique.* Bibliographie anatomique, 1896. — 14. HIS : *Die Neuroblasten und deren Entstehung im embryonalen Mark.* Abhandl. d. math.-phys. Cl. d. Königl. Sächs. Geselsch. d. Wiss., Leipzig, 1889. — 15. RANVIER : *De la névroglie.* Comptes rendus, 5 juin 1882. — *De la névroglie.* Archives de physiologie normale et pathologique, 1883. — 16. WEIGERT : *Bemerkungen über das Neurogliagerüst des menschlichen Centralnervensystems.* Anatomischer Anzeiger, 1890. — *Zur pathologischen Histologie des Neurogliafasergerüsts.* Centralbl· für Allgem. Pathologie und pathol. Anatomie, 1890. — *Beiträge zur Kenntniss der normalen menschlichen Neuroglia.* Festschrift zum fünfzigjährigen Jubiläum des ärztlichen Vereins zu Francfurt a. M. 1895. — 17. REINKE : *Ueber die Neuroglia in der weissen Substanz des Rückenmarks vom erwachsenen Menschen.* Archiv. f. mik. Anat., Bd. 50, 1897, pp. 1-14. — 18. P. RAMON : *Investigaciones de histologia comparada sobre los centros opticos de los vertebrados.* Tesis del doctorado, 1890. — 19. CAJAL : *Signification fisiologica de las expansiones nerviosas y protoplasmaticas de las celulas de la substancia gris.* Barcelone. 1891. — 20. SALA Y PONS : *La Neuroglia de los Vertebrados.* Tesis del doctorado, Madrid, 1894. — 21. LLOYD ANDRIEZEN : *On a system of fibre-cells surrounding the blood-vessels of the brain of Man and Mammals.* Internat. Monatschrift, 1893. — 22. CAJAL : *Algunas conjeturas sobre el mecanismo anatomico de la ideacion, asociacion y atencion*, Madrid, 1895. — *Estructura del protoplasma nervioso,* Revista trimestral micrografica, Vol. 1, fasc. 1. 1896.

SEIZIÈME LEÇON

La structure interne de la moelle épinière

Mode de répartition de la substance blanche et de la substance grise dans la moelle épinière étudié dans une série de coupes transversales.
Les éléments nerveux de la substance blanche. — Dégénérescence secondaire.
Distinction morphologique entre neurones moteurs et neurones sensitifs.
Schéma général de la structure du névraxe. — Méthode de Marchi. — Place occupée par les fibres motrices, les fibres sensitives et les fibres de voies courtes.

Tout le système nerveux cérébro-spinal, avons-nous vu, est formé de deux substances : la substance blanche et la substance grise.

Pour nous orienter dans la structure interne de la moelle épinière, nous devons voir tout d'abord comment ces deux substances y sont réparties. Pour cela, nous devons avoir recours à l'étude de coupes transversales. Mais les relations qui existent entre la substance blanche et la substance grise varient quelque peu aux différentes hauteurs de la moelle épinière, nous sommes donc obligé de pratiquer des coupes dans les différentes régions de la partie médullaire de l'axe cérébro-spinal.

Nous étudierons d'abord une coupe de la partie moyenne de la moelle cervicale au niveau de l'origine du quatrième nerf cervical. Nous comparerons alors, à cette coupe type, des sections faites dans le renflement cervical, dans la moelle dorsale, dans le renflement lombaire et dans le cône terminal, pour faire ressortir les modifications qui, à ces différents niveaux, pourraient survenir dans la configuration de la substance grise et de la substance blanche.

Prenons d'abord la coupe de la moelle cervicale, FIG. 205.

Ce qui frappe sur cette coupe, c'est que la moelle est divisée presque complètement en deux moitiés symétriques : en avant, par la *fissure médiane antérieure (fissura mediana anterior)*, en arrière, par le *sillon médian postérieur (sulcus medianus posterior)* et le *septum médian dorsal* ou *postérieur*. La fissure médiane antérieure, que nous avons

décrite sur la face antérieure de la moelle, est large et profonde. Elle s'enfonce dans la moelle épinière sur environ un tiers de son épaisseur. Elle est occupée par un repli de la pie-mère. Le *sillon médian postérieur* est tout à fait superficiel. On voit partir de ce sillon une cloison médiane, le *septum médian dorsal,* pénétrant dans la moelle jusque vers le milieu de son épaisseur. Ce septum médian dorsal n'est pas une dépendance de la pie-mère comme on l'a cru pendant longtemps; mais, comme v. LENHOSSEK l'a montré le premier, ce septum est constitué exclusivement de cellules épendymaires. Au niveau du sillon médian postérieur, la pie-mère passe directement d'une moitié de la moelle sur l'autre.

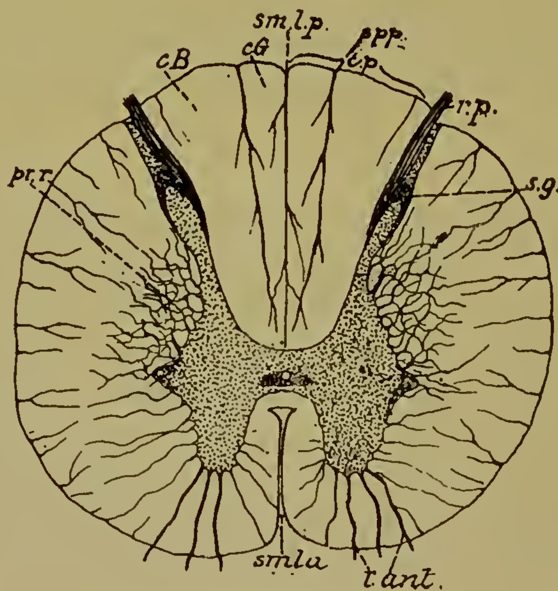


FIG. 205.

Coupe transversale de la moelle au niveau du quatrième nerf cervical.

smla : Fissure médiane longitudinale antérieure.
smlp. : Sillon médian longitudinal postérieur.
r. ant. : Racine antérieure.
r. p. : Racine postérieure.
s. g. : Substance gélatineuse de ROLANDO.
pr.r. : Processus ou formation réticulaire.
cp : Cordon postérieur.
spp : Septum paramédian postérieur.
cB : Faiscean de BURDACH.
cG : Faisceau de GOLL.

Entre le fond de la fissure médiane antérieure et l'extrémité interne du septum médian postérieur, il ne reste qu'une bande étroite de tissu nerveux reliant l'une à l'autre les deux moitiés de la moelle; on l'appelle la *commissure.* Le tiers antérieur de cette commissure est formé par de la substance blanche : c'est la *commissure antérieure blanche (commissura anterior alba).* Le reste est formé par

de la substance grise : c'est la *commissure grise*. Le septum médian dorsal s'étend jusqu'à la commissure grise; la fissure médiane antérieure arrive jusqu'à la commissure blanche. Au milieu de la commissure grise existe la coupe du *canal central* de la moelle épinière. Ce canal est tapissé par l'épithélium épendymaire et entouré d'une substance grise spéciale, quelque peu transparente, constituant la *substance grise centrale (substantia grisea centralis)*. Le canal central entouré de la substance grise centrale divise la commissure grise en deux parties : une partie antérieure appelée *commissure antérieure grise (commissura anterior grisea)* et une partie postérieure connue sous le nom de *commissure postérieure (commissura posterior)*.

Dans chaque moitié de la moelle épinière, on trouve de la substance grise et de la substance blanche nettement distinctes l'une de l'autre. La substance grise occupe le centre; la substance blanche est périphérique. La substance grise apparaît comme un corps allongé, à grand diamètre antéro-postérieur, légèrement incliné en arrière et en dehors. Ce corps gris est renflé en massue dans sa moitié antérieure constituant ce qu'on appelle la *corne* ou la *colonne grise antérieure (columna grisea anterior)*. Il est plus allongé et plus étroit dans sa moitié postérieure appelée *corne* ou *colonne grise postérieure (columna grisea posterior)*. Les corps gris des deux moitiés de la moelle sont reliés l'un à l'autre par la commissure grise. Dans son ensemble, la substance grise de la moelle a donc la forme d'un H.

La corne antérieure n'arrive pas à la périphérie de la moelle; elle en est séparée de tous côtés par de la substance blanche. La corne postérieure s'effile en arrière et s'étend jusque près du fond du sillon collatéral postérieur, séparant ainsi le cordon postérieur du cordon latéral. Elle est séparée de la surface de la moelle par une mince zone de substance blanche appelée *zone marginale* ou *zone de Lissauer*. Cette corne postérieure est enveloppée par une coiffe de substance grise spéciale qui porte le nom de *substance gélatineuse de Rolando (substantia gelatinosa)*.

La substance grise s'étendant à travers toute la longueur de la moelle, on a donné encore aux cornes antérieures et postérieures le nom de *colonnes grises*.

Entre la corne antérieure et la corne postérieure, au niveau de la commissure grise, on trouve sur la face latérale de la substance grise une petite saillie triangulaire qui constitue la *corne* ou la *colonne grise latérale (columna grisea lateralis)*.

La substance grise est nettement séparée de tous côtés de la substance blanche enveloppante, excepté dans l'angle rentrant formé par la corne postérieure et la corne latérale. A ce niveau, on trouve des travées de substance grise qui pénètrent dans la substance blanche et constituent par leurs anastomoses un véritable réseau gris. C'est ce que l'on désigne sous le nom de *processus* ou *formation réticulaire (formatio reticularis).*

De la corne antérieure partent les racines antérieures des nerfs périphériques. Les fibres qui les constituent sortent du bord antéro-latéral de la corne grise en formant plusieurs faisceaux; ceux-ci se

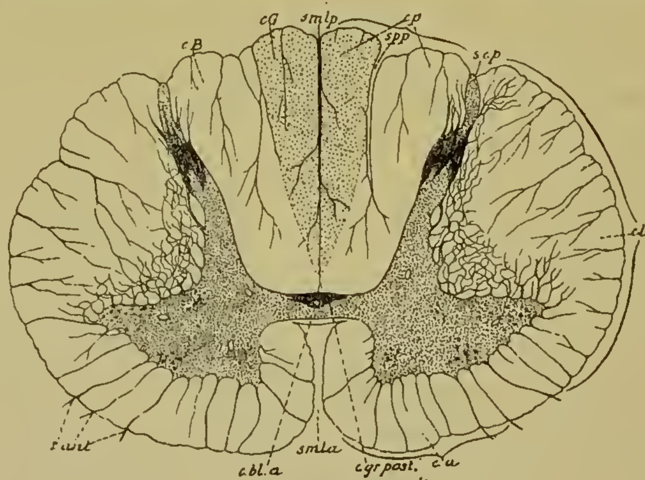


Fig. 206.

Coupe transversale de la moelle vers le milieu du renflement cervical.

smla : Fissure médiane antérieure.
smlp : Sillon médian postérieur.
c. bl. a. : Commissure blanche antérieure.
c. gr. post. : Commissure grise postérieure.
r. ant. : Racine antérieure.
ca : Cordon antérieur.
cl : Cordon latéral
scp : Sillon collatéral postérieur.
cp : Cordon postérieur.
spp : Septum paramédian postérieur.
cG : Faisceau de Goll.
cB : Faisceau de Burdach.

dirigent en dehors en traversant horizontalement la substance blanche. Ces fibres radiculaires antérieures quittent la moelle épinière par le sillon collatéral antérieur.

Par le sillon collatéral postérieur on voit pénétrer les fibres des racines postérieures. Elles n'entrent pas dans la substance grise de la corne postérieure, mais pénètrent directement dans la substance blanche du cordon postérieur.

La substance blanche de chaque moitié de la moelle est subdivisée par les sillons périphériques en trois cordons : le cordon antérieur

(funiculus anterior), le cordon latéral *(funiculus lateralis)* et le cordon postérieur *(funiculus posterior)*.

La séparation entre le cordon antérieur et le cordon latéral est toute superficielle. Elle est indiquée par le sillon collatéral antérieur et par les racines antérieures des nerfs périphériques. On donne le plus souvent à ces deux cordons réunis le nom de *cordon antéro-latéral*.

Le cordon postérieur est compris entre le sillon médian postérieur et le sillon collatéral postérieur. Il a une forme triangulaire à base postérieure et se trouve subdivisé par une lame neuroglique, le *septum paramédian dorsal*, en un faisceau interne appelé *faisceau grêle* ou *faisceau de Goll (fasciculus gracilis)* et un faisceau externe, le *faisceau cunéiforme* ou *faisceau de Burdach (fasciculus cuneatus)*.

Examinons maintenant une coupe de la moelle faite vers le milieu du renflement cervical. Vous savez que ce renflement s'étend depuis la troisième vertèbre cervicale jusqu'à la deuxième vertèbre dorsale. La FIG. 206 donne le dessin d'une coupe prise au niveau du septième nerf cervical. Elle montre que le volume de la moelle a considérablement augmenté. La configuration générale est la même qu'au niveau du quatrième nerf cervical. Il n'y a que quelques légères différences dans la forme de la substance grise. La corne latérale n'existe plus comme corne indépendante, elle s'est fusionnée intimement avec la corne antérieure. Celle-ci est devenue ainsi volumineuse et triangulaire.

La corne postérieure a quelque peu augmenté de volume surtout du côté de sa face interne. La formation réticulaire tend à disparaître. Le cordon postérieur reste subdivisé en faisceau de GOLL et en faisceau de BURDACH.

Au niveau du troisième nerf dorsal, FIG. 207, la coupe de la moelle, comparée à la coupe précédente, a considérablement diminué de volume. Dans chaque moitié de la moelle la substance grise se présente comme un corps allongé, grêle et délicat. La corne antérieure est arrondie; la corne latérale est redevenue saillante; la corne postérieure est longue et grêle. Sur la face interne de cette corne postérieure, dans le voisinage immédiat de la commissure, apparaît un amas de cellules nerveuses plus ou moins distinct de la substance grise voisine; on l'appelle la *colonne vésiculaire* ou *colonne de Clarke*. Quelques auteurs le désignent encore sous le nom de *noyau dorsal* ou *noyau de Stilling (nucleus dorsalis)*. Cette colonne de CLARKE

existe sur la face interne de chaque corne postérieure depuis le septième ou le huitième nerf cervical jusqu'au niveau du premier ou du deuxième nerf lombaire. Elle est caractéristique de la moelle dorsale ; sa présence seule suffit pour distinguer une coupe de la moelle dorsale d'une coupe de la moelle cervicale ou de la moelle lombaire.

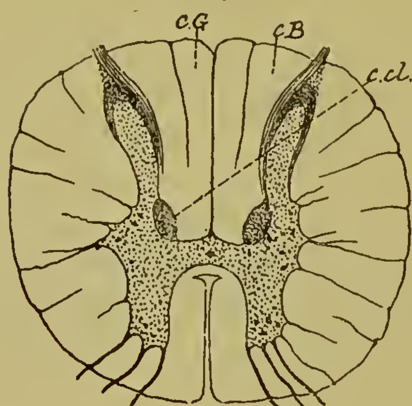


FIG. 207.
Coupe transversale de la moelle au niveau du troisième nerf dorsal.

cG : Faisceau de GOLL.
cB : Faisceau de BURDACH.
c. cl. : Colonne de CLARKE.

Au niveau du troisième nerf dorsal, on retrouve encore, dans le cordon postérieur, le septum paramédian dorsal séparant le faisceau de GOLL du faisceau de BURDACH. Ce septum va en s'affaiblissant au fur et à mesure que l'on descend dans la moelle dorsale jusque vers l'origine du huitième nerf dorsal. A partir de ce point, le cordon postérieur est indivis dans toute la partie inférieure de la moelle épinière.

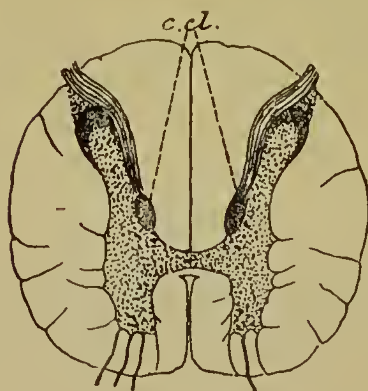


FIG. 208.
Coupe transversale de la partie inférieure de la moelle dorsale.

c. cl. : Colonne de CLARKE.

Jusque vers le onzième nerf dorsal, la configuration de la substance blanche et de la substance grise reste la même, FIG. 208. La colonne de CLARKE, dont les contours étaient mal limités au niveau du troisième nerf dorsal, prend des limites plus nettes, devient plus volumineuse et fait légèrement saillie sur la face interne de la corne postérieure du dixième jusqu'au douzième nerf dorsal.

A partir du premier nerf lombaire, la substance grise augmente de nouveau de volume. Une coupe faite vers la partie moyenne du renflement lombaire, FIG. 209, au niveau de l'origine du troisième nerf lombaire, montre, dans chaque moitié de la moelle, une colonne grise très épaisse. La corne latérale et la corne antérieure se sont fusionnées en une masse unique très volumineuse. La corne postérieure est augmentée de volume surtout le long de sa face interne; ce

qui donne à l'ensemble de la colonne grise une direction antéro-postérieure.

Ce qui frappe surtout dans les coupes du renflement lombaire, c'est le développement considérable de la substance grise comparativement au peu d'épaisseur de la substance blanche enveloppante.

Cette disproportion entre le volume de la substance grise et celui de la substance blanche va aller en s'accentuant jusqu'à l'extrémité inférieure du cône médullaire, FIG. 210 et 211. La substance grise n'augmente plus de volume à partir du milieu du renflement lombaire; au contraire, sa masse diminue jusqu'à l'extrémité du cône terminal; mais la substance blanche diminue plus rapidement encore, au point que, près de l'origine du nerf coccygien, toute la moelle n'est plus formée que d'une petite masse grise entourée d'un mince liseré de substance blanche.

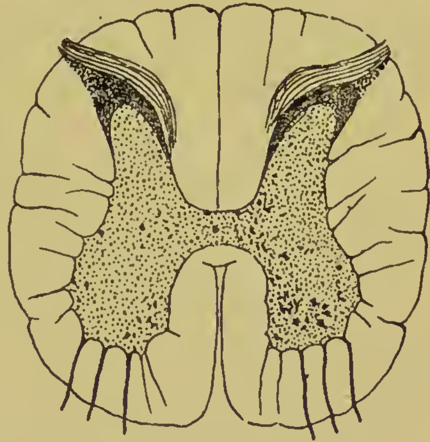


FIG. 209.

Coupe de la moelle au milieu du renflement lombaire.

Le filet terminal représente en quelque sorte un bout de moelle atrophiée. On n'y rencontre plus que le canal central tapissé par l'épithélium épendymaire et entouré d'une mince couche de substance grise.

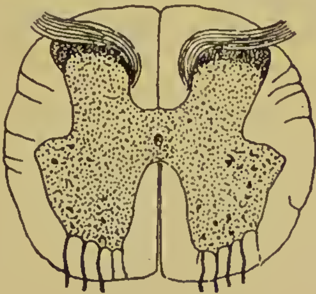


FIG. 210.

Coupe de la moelle au milieu du cône terminal.



FIG. 211.

Coupe de la moelle à la partie inférieure du cône médullaire.

Ces différentes coupes nous ont donc appris le mode de répartition de la substance blanche et de la substance grise dans toute l'éten-

due de la moelle épinière. Macroscopiquement, ces deux substances semblent assez nettement séparées l'une de l'autre. Nous verrons cependant qu'il n'en est pas de même au point de vue des éléments qui les constituent : les cellules nerveuses, qui forment l'élément principal de la substance grise, peuvent envahir par leurs prolongements protoplasmatiques toute l'épaisseur de la substance blanche, tandis que des fibres myéliniques de la substance blanche entrent pour une bonne part dans la constitution de la substance grise.

Nous devons rechercher maintenant la part que les éléments nerveux et les éléments neurogliques prennent à la constitution des deux substances de la moelle.

Nous commencerons par les éléments nerveux que nous étudierons successivement dans la substance blanche et dans la substance grise.

Les éléments nerveux de la substance blanche.

La substance blanche de la moelle épinière, comme d'ailleurs la substance blanche de tout l'axe cérébro-spinal, est constituée essentiellement de fibres nerveuses. Quand on examine au microscope une coupe transversale de la moelle épinière prise à n'importe quel niveau on ne trouve, dans la substance blanche, que des sections transversales de fibres nerveuses séparées les unes des autres par des fibrilles et par des cellules de neuroglie. Les cellules nerveuses n'entrent pas dans la constitution de la substance blanche. Elles peuvent cependant s'y rencontrer, mais ce fait ne s'observe que rarement et est d'ailleurs tout à fait accidentel.



FIG. 212.

Coupe transversale d'une partie de la substance blanche du faisceau de BURDACH au niveau du renflement cervical, colorée par la nigrosine. Gr. : Zeiss, D, IV.

neur. : Neuroglie. | *fn.* : Fibres nerveuses.
cy : Cylindre-axes.

Les fibres nerveuses de la moelle présentent partout les mêmes caractères. *Morphologiquement*, il n'y a pas de différence sensible entre les fibres de la substance blanche du cordon postérieur et celles du cordon antéro-latéral, si ce n'est peut-être que les fibres grêles semblent prédominer dans la partie interne du cordon postérieur, FIG. 212 et 213.

Cependant, nous savons que, *physiologiquement*, il existe dans la moelle des fibres qui conduisent les impressions sensitives ou fibres à conduction centripète et des fibres qui servent à la conduction des excitations motrices ou fibres à conduction centrifuge. Où se trouvent ces fibres à conduction physiologique différente ?

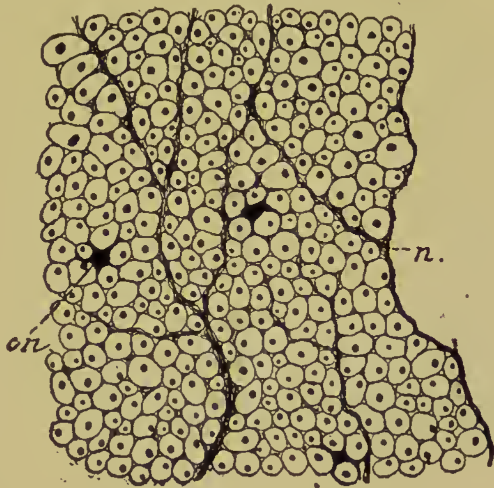


FIG. 213.

Une partie de la substance blanche du faisceau de GOLL prise sur la coupe précédente. Gr. : Zeiss, D, IV.

cn : Cellules de neuroglie.
n : Fibres neurogliques.

Pour résoudre cette question, nous devons avoir recours à l'étude de ce qu'on appelle les *dégénérescences secondaires*.

Nous avons vu, dans les leçons précédentes, qu'il n'existe pas, dans tout l'organisme humain, une seule fibre nerveuse qui soit indépendante d'une cellule nerveuse. Toute fibre nerveuse, quelle qu'elle soit, doit être considérée, au moins dans sa partie essentielle — le cylindre-axe — comme le prolongement d'une cellule nerveuse. Cette cellule constitue pour ce prolongement cylindraxile, comme pour tous les autres prolongements qui dépendent d'elle, un centre nutritif, un centre trophique; de telle sorte que, si on sépare une fibre nerveuse de sa cellule d'origine, la partie périphérique de cette fibre, devenue indépendante de son centre trophique, doit nécessairement et inévitablement périr. La gaine de myéline, le cylindre-axe, les noyaux et la membrane de SCHWANN de cette fibre isolée deviennent le siège de modifications importantes, que l'on désigne sous le nom de *phénomènes de dégénérescence secondaire* et qui aboutissent à la destruction complète de la fibre nerveuse. Ces modifications ont été étudiées, pour la première fois, par WALLER; aussi désigne-t-on la dégénérescence secondaire sous le nom de *dégénérescence wallérienne*.

Pour pouvoir étudier avec fruit les phénomènes de dégénérescence qui surviennent dans la moelle après la section des fibres de la substance blanche et en saisir toute l'importance au point de vue de la distribution, dans la moelle, des fibres à conduction centripète et des fibres à conduction centrifuge, il est bon d'avoir une idée générale de la structure interne de l'axe cérébro-spinal et de la disposition respective de ses éléments nerveux constitutifs.

Vous vous rappelez que les prolongements protoplasmatiques d'un élément nerveux possèdent la conduction cellulipète. Ils ont pour fonction de recueillir autour d'eux les ébranlements nerveux et de les transmettre à la cellule dont ils proviennent. Le prolongement cylindraxile jouit de la conduction cellulifuge. Il a pour fonction de transmettre l'ébranlement nerveux de la cellule dont il provient aux prolongements protoplasmatiques et au corps cellulaire des éléments avec lesquels il arrive en contact. Les excitants physiologiques, quels qu'ils soient, n'agissent que sur les prolongements protoplasmatiques et sur le corps cellulaire. Ils n'ont aucune action sur les prolongements cylindraxiles. Ceux-ci ne sont influencés que par la cellule dont ils proviennent.

Ces considérations purement théoriques, dont il nous serait difficile, même impossible, de fournir la preuve absolue, nous ont été suggérées par nos propres recherches et par celles, plus importantes, de GOLGI, CAJAL, HIS, KÖLLIKER, V. LENHOSSEK, RETZIUS, etc.. Elles nous permettent d'établir, ce qui jusqu'ici a toujours paru impossible, pour les différents éléments nerveux imprégnés par le chromate d'argent, une *distinction morphologique* entre les éléments nerveux sensitifs et les éléments nerveux moteurs, malgré l'identité absolue d'aspect de leurs cellules nerveuses, de leurs prolongements protoplasmatiques et de leurs prolongements cylindraxiles. Cette distinction repose tout entière sur la *direction que prennent les prolongements protoplasmatiques et cylindraxiles par rapport à l'axe cérébro-spinal.*

Si vous vous rappelez la disposition spéciale des cellules bipolaires de la muqueuse olfactive, des cellules bipolaires du ganglion spiral du nerf acoustique, des cellules bipolaires des ganglions cérébro-spinaux, et si vous comparez entre eux tous ces *neurones sensitifs périphériques*, vous leur trouvez à tous la même disposition caractéristique : tous ont leurs cellules d'origine en dehors de l'axe cérébro-spinal; ils envoient leurs prolongements protoplasmatiques vers la

périphérie et leurs prolongements cylindraxiles vers les centres nerveux.

Si, au contraire, vous comparez entre eux tous les *neurones moteurs périphériques*, vous trouvez que, dans la moelle aussi bien que dans la partie supérieure de l'axe cérébro-spinal, ces neurones ont une disposition inverse : ils ont leurs cellules d'origine et leurs prolongements protoplasmatiques dans l'axe cérébro-spinal, tandis qu'ils envoient leurs prolongements cylindraxiles vers les organes périphériques.

La même disposition s'observe pour les éléments nerveux des centres : les neurones sensitifs de l'axe cérébro-spinal ont leurs cellules d'origine et leurs prolongements protoplasmatiques dans les parties inférieures de cet axe, tandis qu'ils envoient leurs prolongements cylindraxiles dans les parties supérieures. Au contraire, les neurones moteurs des centres ont leurs cellules d'origine et leurs prolongements protoplasmatiques dans les centres nerveux supérieurs, tandis que leurs prolongements cylindraxiles se terminent dans les centres placés plus bas.

On pourrait résumer cette disposition typique dans une formule plus simple et dire :

Les *neurones moteurs* des *centres nerveux* ont leurs cellules *en haut* ; leurs prolongements *protoplasmatiques* sont *ascendants*, leurs prolongements *cylindraxiles* sont *descendants*.

Les *neurones sensitifs* des *centres nerveux* ont leurs cellules *en bas* ; leurs prolongements *protoplasmatiques* sont *descendants*, leurs prolongements *cylindraxiles* sont *ascendants*.

Les *neurones moteurs périphériques* ont leurs cellules dans l'axe cérébro-spinal ; leurs prolongements *protoplasmatiques* sont *centraux*, leurs prolongements *cylindraxiles* sont *périphériques*.

Les *neurones sensitifs périphériques* ont leurs cellules en dehors de l'axe cérébro-spinal ; leurs prolongements *protoplasmatiques* sont *périphériques* et leurs prolongements *cylindraxiles* sont *centraux*.

Le schéma le plus simple que, grâce à ces données, l'on pourrait construire de tout le système nerveux cérébro-spinal serait formé d'éléments nerveux superposés : tout élément sensitif ayant un prolongement cylindraxile ascendant ou centripète et tout élément moteur un prolongement cylindraxile descendant ou centrifuge. Le contact entre éléments superposés se fait naturellement entre les ramifications cylindraxiles terminales d'un neurone, les ramifications protoplasmatiques et le corps cellulaire d'un autre neurone.

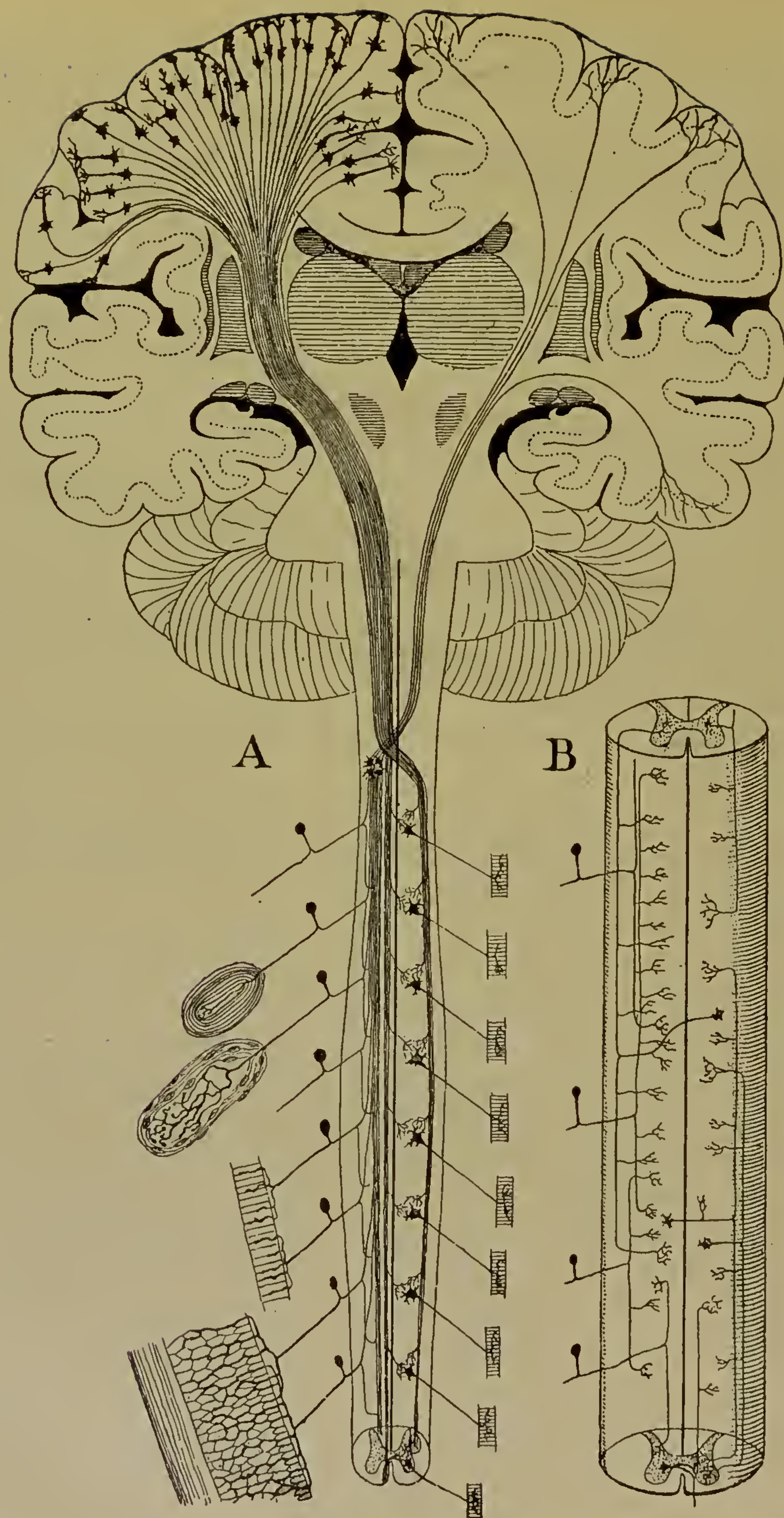


FIG. 214.

A. Schéma des voies longues à travers tout l'axe cérébro-spinal.

B. Schéma des voies courtes ou fibres commissurales longitudinales dans la moelle épinière.

Ces éléments superposés reliant l'écorce cérébrale avec les organes périphériques, soit par voie centripète, soit par voie centrifuge, constituent par leur ensemble ce qu'on appelle les *voies longues*, FIG. 214, A.

Ce schéma se complique alors, d'une façon presque inextricable, par l'adjonction de *voies courtes*, c'est-à-dire d'éléments nerveux qui ne sortent pas de l'axe cérébro-spinal, dont la cellule d'origine et les prolongements protoplasmatiques sont placés à tous les niveaux de la substance grise et dont le prolongement cylindraxile, relativement court, se termine dans la substance grise à une distance variable de la cellule d'origine.

Ce prolongement cylindraxile est tantôt ascendant, tantôt descendant ; le plus souvent même, il se bifurque en donnant un cylindre-axe ascendant et un cylindre-axe descendant, FIG. 214, B.

Il est impossible de dire si ces éléments des voies courtes sont des neurones moteurs ou des neurones sensitifs. Ce sont peut-être des *neurones mixtes*, des *neurones neutres*, ayant pour fonction de relier entre eux soit des éléments moteurs, soit des éléments sensitifs, ou bien de relier des éléments moteurs à des éléments sensitifs et de répartir sur une étendue un peu plus considérable l'ébranlement recueilli par leurs prolongements protoplasmatiques.

Les prolongements cylindraxiles de ces neurones neutres constituent les *fibres commissurales*, soit des *fibres commissurales longitudinales* qui existent en nombre incalculable dans la moelle épinière, la moelle allongée, la protubérance annulaire et le cerveau moyen ; soit des *fibres commissurales transversales* qui forment une partie notable de la substance blanche du cervelet et du cerveau terminal.

Les cellules nerveuses de tous les neurones qui entrent dans la constitution de la moelle occupent la substance grise. Leurs prolongements cylindraxiles entourés d'une gaine de myéline occupent la substance blanche.

La substance blanche de la moelle épinière se trouve donc constituée de *cylindres-axes descendants longs* conduisant les excitations motrices, de *cylindres-axes ascendants longs* conduisant les impressions sensitives et de *cylindres-axes ascendants* et *descendants courts* appartenant aux voies courtes.

Pour savoir où se trouve dans la moelle ces différents groupes de cylindres-axes à conduction physiologique différente, sectionnons en un point quelconque toutes les fibres de la substance blanche

et pour cela pratiquons, chez un animal vivant, une section transversale complète de la moelle.

Nous savons que les bouts périphériques de toutes les fibres nerveuses sectionnées doivent subir la dégénérescence secondaire. *Au-dessus* du plan de section, on trouvera donc en dégénérescence toutes les fibres nerveuses *ascendantes*, fibres dont les cylindres-axes proviennent de cellules nerveuses situées *en dessous* du point sectionné. Or, nous avons vu que ces fibres ascendantes servent à la conduction des impressions *sensitives*. *En dessous* du plan de section, au contraire, ce seront les fibres nerveuses *descendantes* qui subiront la dégénérescence, c'est-à-dire les fibres dont les cylindres-axes proviennent de cellules placées *au-dessus* du point sectionné. Nous savons que ces fibres conduisent les incitations *motrices*. Ces expériences ont été faites sur différents animaux. Pour que la dégénérescence puisse s'établir, il faut que, après la section de la moelle, l'animal survive au moins pendant huit à dix jours. Pendant ce temps, la gaine de myéline des fibres séparées de leur centre trophique se désagrège, se fragmente. Quand on durcit alors cette moelle d'après la méthode de MARCHI (1), les fibres dégénérées se montrent remplies de boules de myéline colorées en noir intense et tranchent très nettement sur le fond brun-clair des fibres normales.

Mais la distribution des fibres nerveuses dans la substance blanche de la moelle du chien, du rat, du lapin ou du cobaye, animaux qui ont servi à ces expériences, n'est pas du tout la même que la distribution de ces fibres dans la moelle de l'homme. Pour savoir où se trouvent chez l'homme les fibres à conduction centripète et les fibres à conduction centrifuge, nous devons nous adresser à des moelles où la nature elle-même, par suite d'une légion pathologique quelconque, a amené, en un point donné, une interruption de toutes les fibres de la substance blanche.

(1) La méthode de MARCHI est précieuse pour rechercher les fibres en dégénérescence quand la cause de cette dernière (une section expérimentale ou une lésion pathologique) est toute récente. Cette méthode consiste à durcir des tronçons de moelle, par exemple, pendant une huitaine de jours au moins, dans une solution de bichromate de potassium à 3 %. Après cela, on coupe ces tronçons en morceaux plus petits que l'on transporte pendant dix ou douze jours dans le mélange suivant :

Bichromate de potassium à 3 %	4-5 parties
Acide osmique à 1 %	1 partie

L'acide osmique colore en noir intense tous les fragments de myéline dans les fibres en dégénérescence. On enrobe alors les morceaux dans la celloïdine et on monte les coupes dans la laque de DAMMAR,

Sur des coupes transversales de ces moelles pathologiques faites *en dessous* du point lésé, on trouve des fibres dégénérées dans le cordon antérieur et dans le cordon latéral.

Dans le cordon antérieur, les fibres dégénérées se trouvent tout le long de la fissure médiane antérieure. Ce groupe de fibres nerveuses a reçu le nom de *faisceau pyramidal du cordon antérieur*, *faisceau de Turck* ou mieux *faisceau cérébro-spinal antérieur (fasciculus cerebrospinalis anterior)*. Dans le cordon latéral, les fibres dégénérées forment un faisceau plus compact sur les faces latérales de la corne postérieure : c'est le *faisceau pyramidal du cordon latéral* ou mieux *faisceau cérébro-spinal latéral (fasciculus cerebrospinalis lateralis)*, FIG. 215.



FIG. 215.

Schéma des fibres présentant la dégénérescence secondaire descendante.

1 : Faisceau cérébro-spinal du cordon latéral ou faisceau pyramidal latéral.
2 : Faisceau cérébro-spinal du cordon antérieur, faisceau de TÜRCK ou faisceau pyramidal antérieur.

Les fibres qui conduisent les incitations motrices occupent donc, dans la moelle de l'homme, ces deux faisceaux pyramidaux.

Quand la lésion pathologique se trouve immédiatement en dessous de la moelle allongée et qu'on examine des coupes transversales dans les régions cervicale, dorsale et lombaire, on trouve que les faisceaux pyramidaux, très volumineux à la partie supérieure de la moelle cervicale, diminuent d'épaisseur en passant par la région dorsale et la région lombaire. Le faisceau pyramidal du cordon antérieur disparaît, comme faisceau distinct, vers l'origine du premier nerf lombaire; DÉJERINE et THOMAS ont cependant pu poursuivre des fibres dégénérées jusqu'au niveau de la 4me paire sacrée. Le faisceau pyramidal du cordon latéral se poursuit jusqu'à la partie inférieure du renflement

lombaire vers l'origne du troisième ou quatrième nerf sacré. Il se prolonge cependant sous forme de fibres isolées jusqu'au niveau de l'extrémité supérieure du filet terminal (DÉJERINE et THOMAS). Les deux faisceaux de fibres motrices diminuent donc de volume de haut en bas. Au fur et à mesure qu'ils descendent le long de la moelle, ces faisceaux abandonnent, en effet, des fibres nerveuses qui se recourbent dans la substance grise de la corne antérieure pour s'y terminer par des ramifications libres.

Examinons maintenant une coupe transversale faite dans la moelle de l'homme *au-dessus* du point lésé, FIG, 216. Pour des motifs que nous

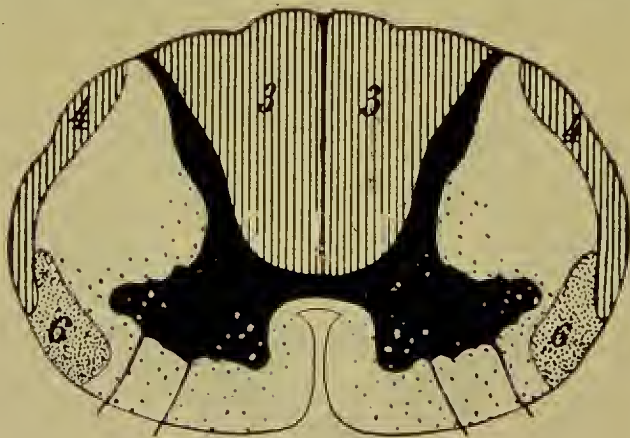


FIG. 216.

Schéma des fibres à dégénérescence secondaire ascendante.

3 : Cordon postérieur.
4 : Faisceau cérébelleux du cordon latéral ou faisceau médulo-cérébelleux.
6 : Faisceau de GOWERS ou faisceau antéro-latéral superficiel.

verrons plus loin, nous devons pratiquer cette coupe *en dessous* de l'entrée dans la moelle de la racine postérieure immédiatement voisine. Ici, la dégénérescence ne peut avoir attaqué que les fibres nerveuses ascendantes, conduisant les impressions sensitives. Dans cette coupe, on trouve des fibres dégénérées dans presque toute l'étendue du cordon postérieur : le faisceau de GOLL aussi bien que le faisceau de BURDACH. De plus, des fibres dégénérées occupent encore la périphérie du cordon latéral en dehors du faisceau pyramidal. Parmi ces fibres dégénérées, les unes, celles qui occupent la partie postérieure du cordon latéral forment un faisceau distinct connu sous le nom de *faisceau cérebelleux du cordon latéral* ou *faisceau cérébello-spinal (fasciculus cerebellospinalis)*, ainsi appelé parce que les fibres qui le constituent se rendent dens le cervelet. Nous verrons plus tard que les

fibres de ce faisceau ont leurs cellules d'origine dans la moelle épinière et qu'elles se terminent dans le cervelet. Il serait donc plus rationnel de le désigner sous le nom de *faisceau médullo-cérébelleux.* Les autres occupant la partie antérieure de la zone dégénérée, appartiennent à la voie sensitive centrale et forment le *faisceau de Gowers* ou *faisceau antéro-latéral superficiel (fasciculus anterolateralis superficialis).*

Quand la section ou la lésion a été faite dans les parties inférieures de la moelle, les faisceaux dégénérés sont peu volumineux. Si, au contraire, la lésion s'est produite dans la moelle cervicale, le nombre des fibres en dégénérescence est beaucoup plus considérable. Ce fait prouve que les faisceaux qui renferment les fibres conduisant les impressions sensitives augmentent de volume de bas en haut; cette

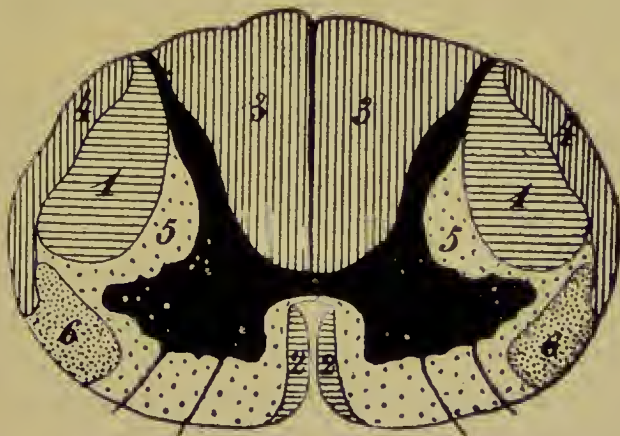


FIG. 217.
Schéma indiquant la position des différents faisceaux de la moelle épinière.
1 : Faisceau pyramidal du cordon latéral.
2 : Faisceau pyramidal du cordon antérieur.
3 : Cordon postérieur.
4 : Faisceau cérébelleux du cordon latéral.
5 : Faisceau fondamental du cordon antéro-latéral.
6 : Faisceau de GOWERS.

augmentation est due à l'adjonction constante de nouvelles fibres nerveuses aux faisceaux préexistants.

Les fibres conduisant les incitations motrices occupent donc, dans la moelle de l'homme, le faisceau pyramidal du cordon antérieur et le faisceau pyramidal du cordon latéral. Une fois sectionnés, ces faisceaux dégénèrent en bas; on dit qu'ils subissent la *dégénérescence secondaire descendante.*

Les fibres conduisant les impressions sensitives occupent, dans la moelle, presque toute l'étendue du cordon postérieur et, dans le

cordon latéral, le *faisceau cérébelleux* ou *faisceau médullo-cérébelleux* et le *faisceau de Gowers* ou *faisceau antéro-latéral*. Une fois sectionnées, ces fibres dégénèrent en haut; on dit qu'elles subissent la *dégénérescence secondaire ascendante*.

Ces fibres motrices et ces fibres sensitives constituent des *voies longues*.

Tout ce qui reste de la substance blanche de la moelle, dans le cordon antéro-latéral, porte le nom de *faisceau fondamental du cordon antéro-latéral*. Les fibres des racines antérieures, en traversant la substance blanche de la moelle, divisent ce faisceau en un *faisceau fondamental du cordon antérieur* ou *faisceau antérieur propre (fasciculus antérior proprius)* et un *faisceau fondamental du cordon latéral* en *faisceau latéral propre (fasciculus lateralis proprius)*, 217. Les fibres qui constituent ces faisceaux forment les *voies courtes*.

Nous avons dit plus haut, qu'après une section complète de toutes les fibres de la substance blanche en un point quelconque de la moelle la dégénérescence envahissait, en dessous de la section, les deux faisceaux pyramidaux, et, au dessus de la section, les fibres des cordons postérieurs, les fibres des faisceaux cérébelleux et des faisceanx de Gowers. Cela n'est pas tout à fait exact. On trouve aussi des fibres dégénérées éparses dans le faisceau fondamental du cordon antéro-latéral, aussi bien au-dessus qu'en-dessous du plan de section. Ces fibres dégénérées appartiennent aux voies courtes.

Le volume du faisceau fondamental du cordon antéro-latéral est quelque peu variable dans les différentes régions de la moelle épinière; très peu développée dans le cône terminal, sa section devient plus volumineuse dans le renflement lombaire, pour diminuer tout le long de la moelle dorsale et reprendre un volume considérable au niveau du renflement cervical. On peut en conclure que ce faisceau est formé de fibres courtes et que, sur toute la longueur de la moelle, il reçoit de nouvelles fibres au fur et à mesure que les fibres qui le constituent se recourbent dans la substance grise.

Littérature.

v. Lenhossek : *Zur Kenntniss der ersten Entstehung der Nervenzellen und Nervenfasern beim Vogelembrio*, Verhandl. des X internat. Medic. Kongressess, Berlin, 1890, Bd. II. — His : *Die anatomische Nomenclatur*. Archiv. für Anat. und Physiol., Anatom. Abth., Suppl. Band 1895. — Dejerine et Thomas : *Sur la terminaison inférieure du faisceau pyramidal*. Comptes rendus de la soc. de Biologie, 8 février 1896.

DIX-SEPTIÈME LEÇON

La structure interne de la moelle épinière.

(Suite).

Méthode embryologique de Flechsig.
Les différents systèmes de fibres nerveuses de Flechsig.
La myéline n'est pas un élément indispensable pour le fonctionnement régulier et normal des neurones.
Origine et terminaison des fibres des faisceaux pyramidaux.
Origine et terminaison des fibres des cordons postérieurs.

Nous avons vu, dans la dernière leçon, que la substance blanche de la moelle épinière est formée de fibres nerveuses pourvues toutes des mêmes caractères morphologiques, dont les unes peuvent se poursuivre à travers toute la longueur de la moelle et constituent ce qu'on est convenu d'appeler les *voies longues* (faisceau pyramidal du cordon antérieur, faisceau pyramidal, faisceau cérébelleux et faisceau de GOWERS du cordon latéral, les fibres du cordon postérieur) ; tandis que les autres, beaucoup plus courtes, relient entre eux les différents niveaux de la moelle ; elles forment des fibres commissurales longitudinales et constituent les *voies courtes* (faisceau fondamental du cordon antérieur et du cordon latéral).

Physiologiquement, ces différentes fibres de la moelle se divisent en trois groupes : les fibres conduisant les incitations motrices, fibres à conduction centrifuge, appelées communément *fibres motrices* ; les fibres conduisant les impressions sensitives, fibres à conduction centripète ou *fibres sensitives* ; enfin, les fibres des éléments nerveux courts ou mixtes ou *fibres commissurales longitudinales*.

Pour connaître la place occupée dans la substance blanche de la moelle par ces fibres physiologiquement différentes, nous avons eu recours à l'étude des phénomènes de dégénérescence secondaire qui

surviennent dans la moelle après la section complète des fibres de la substance blanche.

En nous basant sur ce fait que les fibres sensitives subissent la dégénérescence secondaire ascendante et les fibres motrices la dégénérescence secondaire descendante, nous avons pu établir que :

1° Les fibres motrices occupent le faisceau pyramidal du cordon antérieur et le faisceau pyramidal du cordon latéral ;

2° Les fibres sensitives occupent le faisceau cérébelleux du cordon latéral, le faisceau de Gowers et, en apparence au moins, presque toute l'étendue des cordons postérieurs ;

3° Le reste de la substance blanche est formé par des fibres commissurales longitudinales, ou des fibres courtes, constituant le faisceau fondamental du cordon antérieur et du cordon latéral.

La position respective de ces différents faisceaux de fibres nerveuses vous apparaît clairement dans le schéma de la FIG. 218.

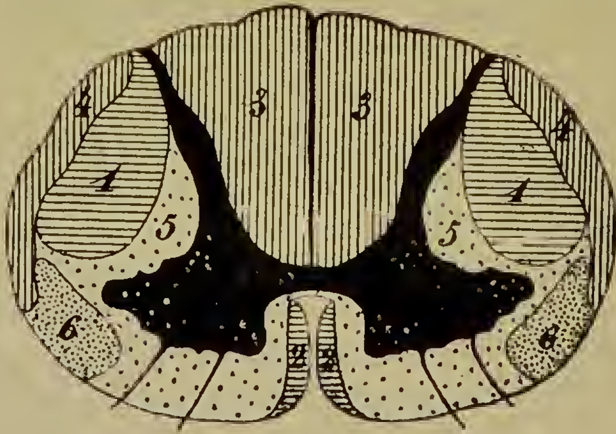


FIG. 218.

Schéma indiquant la position des différents faisceaux de la moelle épinière.

1 : Faisceau pyramidal du cordon latéral.
2 : Faisceau pyramidal du cordon antérieur.
3 : Cordon postérieur.
4 : Faisceau cérébelleux du cordon latéral.
5 : Faisceau fondamental du cordon antéro-latéral.
6 : Faisceau de Gowers.

Il ne faut pas croire cependant que, en réalité, les limites de ces différents faisceaux, dans la substance blanche de la moelle, soient aussi nettement tranchées que nous les avons indiquées dans cette figure. Il n'en est rien. Ce qui le prouve, c'est qu'à la suite de sections transversales de la moelle, on peut trouver, dans les faisceaux

pyramidaux, quelques fibres éparpillées présentant la dégénérescence secondaire *ascendante,* aussi bien que, dans les faisceaux sensitifs, on peut rencontrer des fibres éparpillées présentant la dégénérescence secondaire *descendante.* Ce sont là des fibres courtes ou fibres commissurales longitudinales égarées en dehors du faisceau fondamental.

Ce groupement des fibres nerveuses de la substance blanche en faisceaux physiologiquement distincts a été étudié, pour la première fois et d'une façon précise, par FLECHSIG (1) en 1876. Nous avons déjà vu que, d'après les recherches de FLECHSIG, tout l'axe cérébro-spinal est formé exclusivement de substance grise jusque vers le milieu du cinquième mois de la vie embryonnaire. A partir de cette époque apparaît la substance blanche. Celle-ci est due uniquement aux gaines de myéline qui se développent autour des prolongements cylindraxiles des cellules nerveuses.

Cette *myélinisation* des fibres nerveuses ne se fait pas d'une façon irrégulière, bien au contraire. En étudiant des embryons à différents stades du développement et en les comparant entre eux au point de vue de la répartition des faisceaux de fibres déjà pourvues de leur myéline, FLECHSIG a fait une double découverte : d'abord il a trouvé que, sur des embryons du même âge, ce sont toujours les mêmes faisceaux de fibres nerveuses qui apparaissent comme de la substance blanche, tandis que les embryons d'âge différent présentent également une répartition différente des fibres déjà myélinisées. Il a conclu de ces faits que l'apparition de la myéline, pour les fibres nerveuses des différents faisceaux, se fait d'après un ordre parfaitement déterminé et toujours le même ; de telle sorte que, connaissant l'âge de l'embryon, on peut dire d'avance quels sont les faisceaux dont les fibres constitutives ont déjà leur gaine de myéline et quels sont ceux qui en sont dépourvus.

La seconde découverte de FLECHSIG, beaucoup plus importante que la première au point de vue des connexions qui peuvent exister entre les différentes régions du névraxe, est la suivante :

Toutes les fibres nerveuses qui ont la même origine et la même terminaison — c'est-à-dire qui ont les mêmes connexions anatomiques et qui, par conséquent, doivent remplir les mêmes fonctions — prennent, à la même époque, leur gaine de myéline ; tandis que les faisceaux de fibres nerveuses qui ont des connexions anatomiques différentes développent leur myéline à des époques différentes.

Flechsig attache à ce fait une grande importance. Tous ces faisceaux de fibres nerveuses, ainsi *morphologiquement* différents les uns des autres par l'époque à laquelle leurs fibres constitutives prennent leur gaine de myéline, seraient aussi, à son avis, différents les uns des autres au point de vue *physiologique*. Chacun de ces faisceaux constitue pour lui un *système*.

Comme résultats de ces observations, Flechsig distingue, dans la substance blanche de la moelle, les différents faisceaux ou systèmes suivants, fig. 219 :

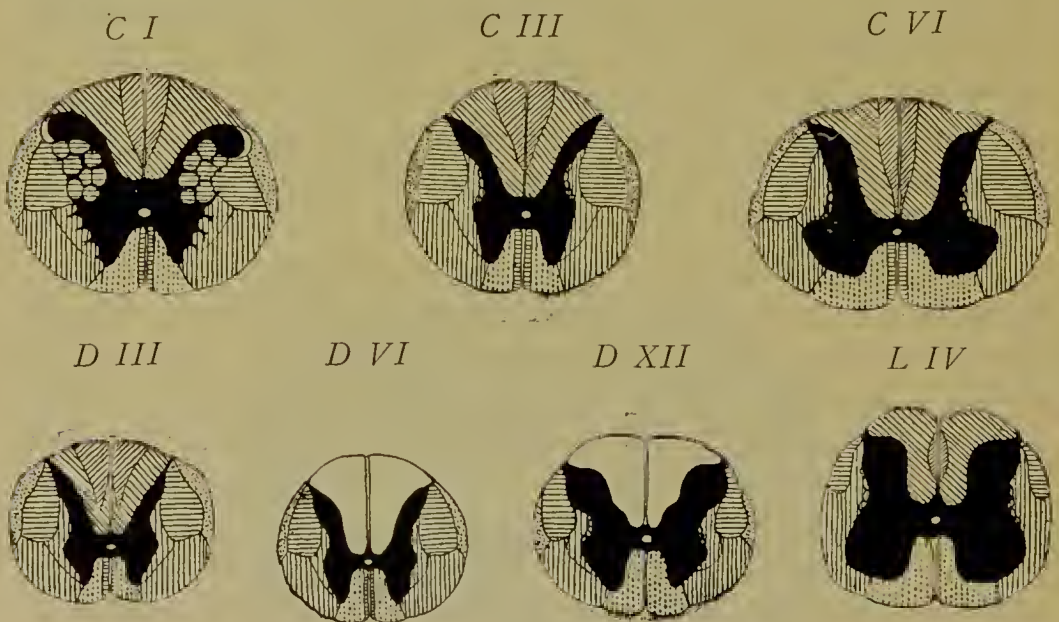


Fig. 219.

Schéma indiquant la position des différents faisceaux de la substance blanche, aux différents niveaux de la moelle, construit par Flechsig en se basant sur l'époque d'apparition de la myéline.

CI, CIII et CVI : Coupes faites au niveau du premier, du troisième et du sixième nerf cervical.

DIII, DVI et DXII : Coupes faites au niveau du troisième, du sixième et du douzième nerf dorsal.

LIV : Coupe faite au niveau du quatrième nerf lombaire.

Dans le cordon antérieur :

a) le faisceau pyramidal du cordon antérieur et

b) le faisceau fondamental (Vorderstrang-Grundbündel).

Dans le cordon latéral :

a) le faisceau pyramidal du cordon latéral ;

b) le faisceau cérébelleux (directe Kleinhirn-Seitenstrangbahn) et

c) le faisceau fondamental du cordon latéral (Seitenstrangreste).

Dans ce dernier il distingue deux parties : 1° une partie interne : *la couche limitante latérale de la substance grise* (seitliche Grenzschicht der grauen Substanz) ; 2° une partie externe : *la zone mélangée antérieure du cordon latéral* (vordere gemischte Seitenstrangzone).

Dans le cordon postérieur :

a) le faisceau de GOLL et

b) le faisceau de BURDACH.

Voici suivant quel ordre et à quelle époque les fibres de ces différents faisceaux s'entourent de leur gaine de myéline.

Chez les embryons de 25 ctm., on trouve la myéline :

a) Aux fibres commissurales et aux fibres radiculaires des nerfs périphériques ;

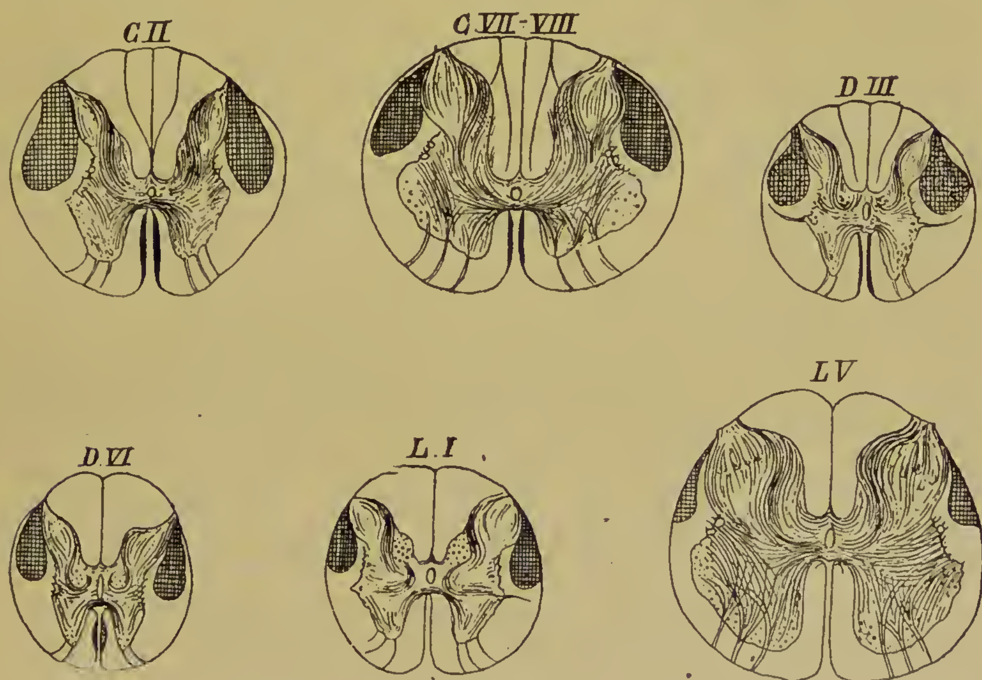


FIG. 220.

Position des faisceaux pyramidaux dans la moelle cervicale, CII et CVII-VIII, dans la moelle dorsale, DIII et DVI, et dans la moelle lombaire, LI et LV d'un enfant nouveau-né (d'après FLECHSIG).

b) aux fibres du faisceau fondamental du cordon antérieur ;

c) aux fibres du faisceau de BURDACH et

d) aux fibres de la zone mélangée antérieure du cordon latéral.

Les fibres du cordon de GOLL sont entourées de leur gaine de myéline chez des embryons de 28 à 30 ctm. de longueur.

Quand l'embryon atteint 32 ctm., la myéline se développe dans les fibres de la couche limitante latérale de la substance grise.

Sur des embryons un peu plus âgés, la myéline apparaît dans le faisceau cérébelleux, puis dans le faisceau de GOWERS. Enfin, ce n'est que sur des embryons de 49 à 52 ctm. de longueur, c'est-à-dire au moment de la naissance et même quelque peu après celle-ci, que la myéline apparaît dans les faisceaux pyramidaux. Aussi, la moelle épinière d'enfants nouveau-nés constitue-t-elle, pour ce motif, un objet éminemment favorable pour étudier la position exacte des faisceaux pyramidaux, ainsi que le montrent les coupes de la FIG. 220.

J'appelle, en passant, votre attention sur le fait suivant : en recherchant l'époque d'apparition de la myéline dans les fibres des voies pyramidales dans la série animale, BECHTEREW a pu constater que le faisceau pyramidal est complètement développé, au moment de la naissance, chez tous les animaux dont les petits courent librement dès qu'ils arrivent au monde, tandis que les fibres de ce faisceau sont dépourvues de myéline chez les petits des autres animaux. Il me semble que l'on doit tirer de ce fait la conclusion suivante : pour qu'une fibre nerveuse du système nerveux cérébro-spinal puisse remplir sa fonction physiologique, elle doit être arrivée à l'état de développement complet et être devenue une fibre myélinique.

Cette conclusion n'est cependant pas rigoureusement exacte. Il existe, en effet, dans le système nerveux de l'adulte, un grand nombre de fibres nerveuses complètement dépourvues de gaine de myéline et réduites soit au cylindre-axe entouré de la membrane de SCHWANN : telles les fibres du système nerveux sympathique et les fibres olfactives ; soit exclusivement au cylindre-axe : telles toutes les fibres centrales et périphériques du système nerveux cérébro-spinal dans le voisinage immédiat de leur origine et de leur terminaison. D'ailleurs, tous les prolongements protoplasmatiques de toutes les cellules nerveuses (à l'exclusion du prolongement périphérique des cellules des ganglions cérébro-spinaux) sont constamment dépourvus et de la gaine de myéline et de la membrane de SCHWANN et cependant ils remplissent leur fonction de conduction. Pour qu'une fibre nerveuse puisse remplir sa fonction de conduction, la gaine de myéline n'est donc pas indispensable ; la seule condition requise, c'est que les connexions anatomiques soient établies par les prolongements protoplasmatiques et par le prolongement cylindraxile. Dès que les connexions existent, les neurones peuvent fonctionner. La gaine de myéline, isolant mieux les fibres nerveuses, facilite sans aucun doute ce fonc-

tionnement, mais ne constitue pas l'élément indispensable à ce fonctionnement ; cet élément indispensable est représenté par le cylindre-axe [Van Gehuchten (2)].

A quelle époque ces connexions anatomiques se trouvent-elles établies ? C'est ce que nous ignorons encore complètement. Mais ce que nous savons, c'est que la myéline ne se forme autour des prolongements cylindraxiles que quand les connexions anatomiques sont établies, et tous les faits connus jusqu'à présent semblent démontrer que la myéline se forme dès que la croissance du prolongement cylindraxile est terminée. L'ordre suivant lequel les différents faisceaux de fibres nerveuses deviennent des fibres myélinisées indiquera donc également l'ordre suivant lequel ces mêmes faisceaux de fibres nerveuses se sont développés. En nous basant donc sur l'époque de la formation de la myéline, époque que les recherches de Flechsig nous ont fait connaître, il nous sera possible de reconstituer pour ainsi dire le tableau chronologique des mouvements dont l'embryon a été capable pendant sa vie intra-utérine.

D'après les recherches de Flechsig, la substance blanche apparait d'abord dans la moelle, pour envahir ensuite insensiblement les parties supérieures de l'axe cérébro-spinal. Dans les premiers temps, elle est limitée à des parties de la moelle épinière et de la moelle allongée, puis elle se montre dans la protubérance annulaire, le cervelet et la région de la calotte ; en dernier lieu, elle apparaît dans les pédoncules cérébraux et les hémisphères cérébraux. De telle sorte que, au moment de la naissance, la moelle est complètement développée à l'exclusion des faisceaux pyramidaux, tandis que le cerveau terminal est encore entièrement formé de substance grise à l'exclusion de la capsule interne, des lames blanches du noyau lenticulaire et de la capsule externe.

De toutes les parties de l'axe cérébro-spinal, la moelle est donc la première à prendre sa constitution anatomique définitive. Elle est donc aussi la première apte à exercer ses fonctions physiologiques. Mais la moelle ne peut servir que de centre automatique et de centre réflexe. Les premiers mouvements qui apparaissent pendant la vie intra-utérine doivent donc être ou des mouvements automatiques ou des mouvements réflexes.

Le mode d'apparition de la myéline dans les différents faisceaux de la moelle permet de pousser cette analyse plus loin encore. En effet, de toutes les fibres nerveuses de la moelle, celles qui constituent

les nerfs périphériques sont les premières à s'entourer de myéline. Ce seront donc aussi les premières à entrer en fonction. Elles ne peuvent que transmettre à la moelle une excitation périphérique ; celle-ci ne peut pas arriver au cerveau terminal, puisque toute la partie supérieure de l'axe cérébro-spinal est dépourvue de myéline ; elle ne peut donc que se transmettre à une cellule motrice voisine et par là à un muscle périphérique. Les premiers mouvements réflexes seront donc très simples. La myéline apparaît dans ces fibres périphériques sur des embryons de 20 à 25 ctm. de longueur, c'est-à-dire en moyenne pendant la première moitié du cinquième mois de la vie intra-utérine. Or, on sait que les premiers mouvements sensibles apparaissent vers cette époque dans l'embryon.

Après les fibres radiculaires, ce sont les fibres des voies courtes qui développent leur myéline : le faisceau fondamental du cordon antérieur, une partie du faisceau fondamental du cordon latéral et les fibres du cordon de BURDACH (nous verrons bientôt que les fibres de ce cordon sont en réalité des voies courtes). Les excitations périphériques transmises à la moelle par les fibres des racines postérieures pourront donc s'étendre, par ces fibres commissurales longitudinales, à des portions plus étendues de la moelle, exciter un plus grand nombre de cellules motrices et produire des mouvements réflexes complexes.

Les fibres du cordon de GOLL achèvent alors leur développement. Les excitations périphériques seront transmises par elles sur toute la longueur de la moelle épinière et à la partie inférieure de la moelle allongée. Sur des embryons de 26 à 30 cmt., les mouvements réflexes seront encore plus complexes.

Puis viennent les fibres de la partie interne du faisceau fondamental du cordon latéral, les fibres du faisceau cérébelleux et du faisceau de GOWERS. Ces dernières portent les impressions périphériques jusqu'au cervelet, organe unanimement considéré par les physiologistes comme un centre de coordination des mouvements.

Au huitième mois les fibres qui partent du noyau du faisceau de GOLL et du noyau du faisceau de BURDACH se myélinisent ; ces fibres appartiennent à la voie sensitive centrale et conduisent les impressions aux masses grises supérieures : les couches optiques et la substance corticale du cerveau terminal.

En dernier lieu seulement la myéline se constitue dans les fibres des voies pyramidales amenant l'époque des mouvements d'origine corticale.

Le schéma représentant la répartition, dans la substance blanche de la moelle, des différents faisceaux de fibres nerveuses physiologiquement différents obtenu par l'étude des dégénérescences secondaires concorde parfaitement avec le schéma trouvé par FLECHSIG. Il n'y a entre ces deux schémas qu'une différence peu importante : FLECHSIG subdivise le faisceau fondamental du cordon latéral en un faisceau interne, *la couche limitante latérale de la substance grise*, et un faisceau externe, *la zône mélangée antérieure du cordon latéral.* Cette zone mélangée antérieure correspond, en partie du moins, au faisceau de GOWERS.

De l'examen de ces schémas ressort encore un fait sur lequel SHERRINGTON (7) et FLATAU (3) ont appelé l'attention et qui mérite d'être signalé : les fibres courtes de la moelle épinière se trouvent toujours dans le voisinage immédiat de la substance grise, tandis que les fibres qui constituent les voies longues occupent généralement les zones périphériques de la substance blanche. C'est ce que FLATAU a désigné sous le nom de *loi de la position excentrique des voies longues dans la moelle épinière.*

Après avoir ainsi établi, dans la substance blanche de la moelle épinière, la situation et les rapports réciproques des différents faisceaux de fibres nerveuses physiologiquement différents, nous devons nous demander : d'où viennent ces fibres nerveuses ? en d'autres termes, où ces fibres nerveuses ont-elles leurs cellules d'origine ?

Prenons d'abord les fibres des faisceaux pyramidaux.

Origine des fibres des faisceaux pyramidaux.

Nous avons vu que, en sectionnant transversalement la moelle en un point quelconque, les fibres des faisceaux pyramidaux dégénèrent toujours en dessous du point sectionné. Nous en avons conclu que chacune de ces fibres doit avoir sa cellule d'origine en un point de l'axe cérébro-spinal situé au-dessus du plan de section. En étudiant, dans les leçons ultérieures, la structure interne des parties supérieures de l'axe nerveux, nous retrouverons ces voies pyramidales à travers toute la longueur de la moelle allongée, de la protubérance annulaire et du pédoncule cérébral ; nous les reverrons encore dans la capsule interne et dans la substance blanche du centre ovale de chaque hémisphère. Les fibres qui constituent ces faisceaux ont, en effet,

en majeure partie leurs cellules d'origine dans une région déterminée de l'écorce grise du cerveau terminal.

Nous avons déjà dit que, en descendant le long de la moelle, ces faisceaux pyramidaux diminuent insensiblement de volume, parce que, à chaque instant, des fibres quittent ces faisceaux pour se terminer dans la substance grise. Le faisceau pyramidal latéral peut être poursuivi, comme faisceau distinct, jusqu'à la partie inférieure de la moelle lombaire ; des fibres isolées de ce faisceau descendent cependant jusqu'au niveau du filet terminal. Le faisceau pyramidal antérieur disparaît, comme faisceau distinct, vers la partie moyenne de la moelle dorsale ; des fibres isolées peuvent cependant se poursuivre jusque vers l'origine du quatrième nerf sacré. Depuis l'application de la méthode de GOLGI à l'étude de la fine structure de l'axe cérébro-spinal, nous savons que, en descendant le long de la moelle, les cylindres-axes de ces fibres nerveuses émettent des *collatérales* qui pénètrent horizontalement dans la substance grise et s'y terminent par des ramifications libres.

Les fibres des faisceaux pyramidaux de la moelle ont donc leurs cellules d'origine dans la substance grise de l'écorce cérébrale et elles se terminent, par leurs ramifications collatérales et terminales, dans la substance grise de la corne antérieure de la moelle épinière. Et, chose remarquable, les fibres pyramidales de la moelle qui proviennent de l'hémisphère cérébral *droit* trouvent leur terminaison dans la substance grise de la moitié *gauche* de la moelle, tandis que les fibres provenant de l'hémisphère cérébral *gauche*, arrivées dans la moelle, se terminent dans la corne antérieure de la moitié *droite*, FIG. 221.

En descendant de l'écorce cérébral jusque dans la moelle épinière, ces fibres subissent un entrecroisement. Cet entrecroisement se fait, pour les fibres du faisceau pyramidal du cordon latéral, à la partie inférieure de la moelle allongée, là où nous avons décrit la *décussation des pyramides* ; pour les fibres du faisceau pyramidal antérieur, cet entrecroisement se fait dans la commissure antérieure le long de la moelle épinière elle-même. Les fibres du faisceau pyramidal latéral renferment donc, le long de la moelle, des fibres déjà entrecroisées, qui se termineront dans la substance grise de la corne antérieure du même côté. Pour ce motif, on appelle souvent ce faisceau : le *faisceau pyramidal croisé*. Le faisceau pyramidal antérieur, au contraire, renferme, le long de la moelle, des fibres provenant directement de l'hémisphère cérébral correspondant, fibres qui ne s'entrecroiseront

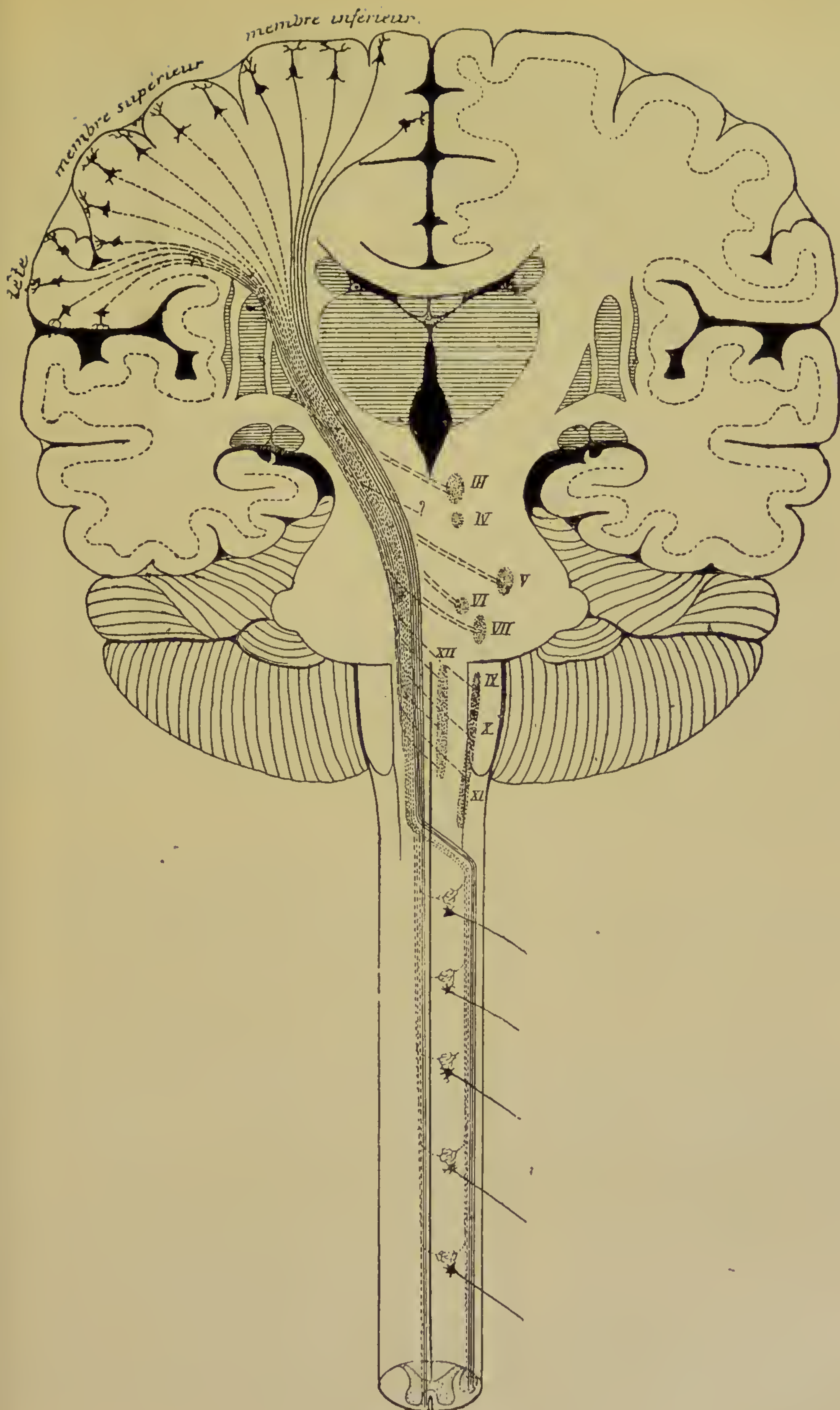


FIG. 221.
Schéma des voies pyramidales.

dans la commissure antérieure que pour aller se terminer dans la substance grise du côté opposé. Ce faisceau porte encore le nom de *faisceau pyramidal direct.*

Toutes les fibres qui constituent le faisceau pyramidal du cordon latéral ne sont pourtant pas des fibres cortico-spinales. Depuis longtemps déjà BOUCHARD (4) a fait remarquer que la dégénérescence descendante, qui survient dans le cordon latéral à la suite d'une lésion transversale complète de la moelle, occupait une zone plus étendue que celle qui est consécutive aux lésions corticales de l'hémisphère du côté opposé. Ce fait a été confirmé par les recherches expérimentales de LÖWENTHAL (5) de SINGER et MUNZER (6), de SHERRINGTON (7) et surtout par les recherches ingénieuses de MUNZER et WIENER (8). Ces auteurs ont commencé par produire une atrophie totale de la voie cortico-spinale en détruisant chez le lapin, quelques jours après la naissance, toute l'écorce d'un hémisphère cérébral. Deux ans plus tard ils ont pratiqué, chez le même animal, une hémisection de la moelle du côté opposé et ils ont pu constater une forte dégénérescence du faisceau pyramidal croisé. Il résulte de toutes ces recherches que le faisceau pyramidal du cordon latéral doit renfermer au moins deux espèces de fibres nerveuses : des fibres corticales et des fibres qui doivent provenir d'une autre partie du névraxe.

L'origine de ces dernières fibres n'est pas encore élucidée. Ce qui semble résulter de l'ensemble des recherches faites sur ce point important, c'est que ces fibres doivent provenir soit du pont de Varole, soit d'une masse grise quelconque du mésencéphale ou du diencéphale.

MARCHI (9) a cru que ces fibres provenaient du cervelet, mais ce fait a été controuvé. D'après les recherches expérimentales de BOYCE (10), ces fibres dégénèrent après une section du mésencéphale. Pour FERRIER et TURNER (11), elles proviendraient de la protubérance annulaire et auraient leur origine dans le noyau latéral du ruban de REIL. MUNZER (12) n'admet pour ces fibres ni une origine cérébelleuse, ni une origine dans les tubercules quadrijumeaux ; ces fibres auraient une origine médullaire. ROTHMANN (13) semble partager cette manière de voir. TSCHERMAK (14), en se basant sur des observations de FLECHSIG, MONAKOW, BOYCE, SCHRADER et autres, admet avec HELD et CAJAL que ces fibres proviennent du noyau rouge. Cette opinion ne nous paraît pas exacte, nous croyons que les cellules du noyau rouge envoient leur axone dans le pédoncule cérébelleux supérieur et, par là, dans le noyau denté du cervelet. Nous avons, en effet, constaté la chromolyse des cellules du noyau rouge chez le lapin après l'extirpation du flocculus du cervelet avec lésion concomitante du noyau denté.

THOMAS (15) décrit, chez le chat, les fibres du faisceau pyramidal qui ne proviennent pas de l'écorce cérébrale sous le nom de *faisceau triangulaire prépyramidal* sans pouvoir établir leur origine.

Ces fibres prépyramidales existent également chez les oiseaux bien que leur moelle épinière ne contienne pas de fibres pyramidales. Elles y proviendraient, d'après MUNZER et WIENER (16), du corps bijumeau, du mésencéphale et du diencéphale, aussi ces auteurs les désignent-ils sous le nom de *faisceau di-mésencéphalo-spinal.*

Les fibres du faisceau pyramidal du cordon antérieur n'ont pas non plus toutes une origine corticale. Parmi ces fibres un grand nombre appartiennent au faisceau longitudinal postérieur et, par là, proviennent, ainsi que nous l'avons demontré chez la truite (17) et la salamandre, de masses grises situées dans les diverses régions du névraxe depuis le mésencéphale jusqu'au myélencéphale.

D'autres proviennent des tubercules quadrijumeaux antérieurs en formant un faisceau de fibres nerveuses auquel HELD (18) a donné le nom de *système optique acoustique réflexe* et que nous avons désigné (17) sous le nom de *faisceau optique descendant.* Ce faisceau descend au devant du faisceau longitudinal postérieur (faisceau longitudinal prédorsal de TSCHERMAK) et peut se poursuivre jusque dans la moelle épinière. D'autres enfin proviennent du cervelet et constituent le faisceau cérébelleux descendant de la moelle épinière [THOMAS (19)].

Origine des fibres des cordons postérieurs.

D'où viennent les fibres des cordons postérieurs ?

D'une manière générale on peut dire que les fibres des cordons postérieurs ont leurs cellules d'origine en dehors de l'axe cérébro-spinal, dans les ganglions spinaux.

Les ganglions spinaux sont des amas de cellules nerveuses situés sur le trajet des racines postérieures des nerfs spinaux, immédiatement en dedans de l'endroit où ces fibres postérieures se réunissent aux fibres de la racine antérieure correspondante pour constituer le nerf mixte périphérique. Chaque ganglion spinal est formé d'un nombre considérable de cellules nerveuses groupées en îlots plus ou moins distincts par le passage des fibres de la racine postérieure, FIG. 222.

Quand on examine ces cellules à un grossissement convenable, sur des préparations traitées par la méthode de NISSL, on voit que la partie chromophile du protoplasme cellulaire peut présenter des formes et une répartition excessivement variées au point de

donner naissance à un grand nombre de types cellulaires qui ont été décrits d'une façon toute spéciale par NISSL (20) et par nous-même en collaboration avec C. NELIS (21). Parmi ces types cellulaires il en est surtout deux qui méritent d'attirer l'attention. Signalés tout d'abord par FLESCH et ses élèves sous le nom d'*éléments chromophobes* et d'*éléments chromophiles*, ces deux types ont été désignés par LUGARO (22) et par nous sous le nom de *cellules claires* et de *cellules obscures*. Les

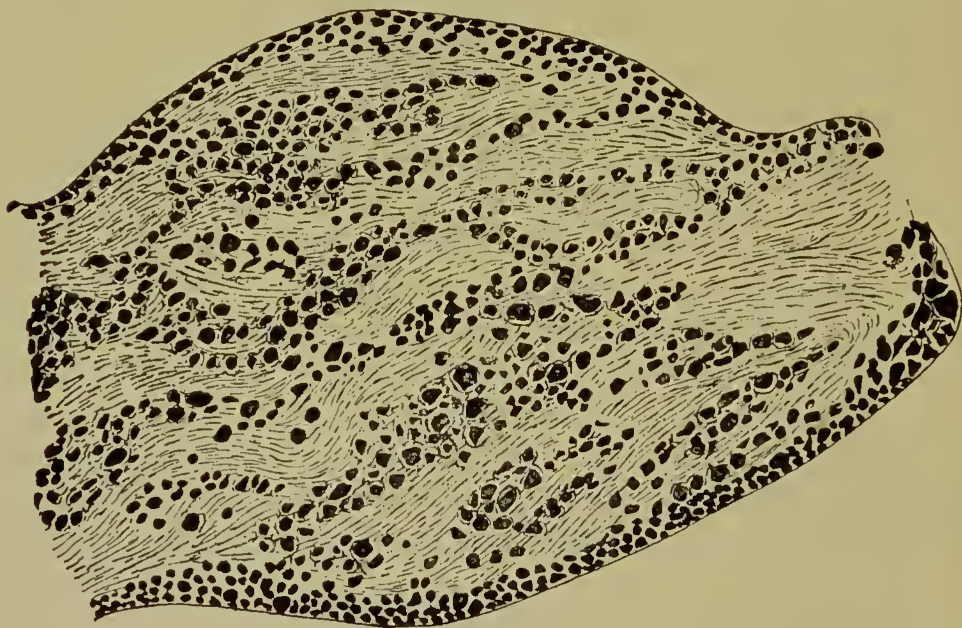


FIG. 222.

Coupe longitudinale d'un ganglion spinal du chien (méthode de NISSL).

cellules claires ont généralement un volume considérable ; la substance chromophile y affecte les formes les plus variées ; elles peut s'y présenter tantôt sous forme de granulations excessivement fines réparties sans ordre apparent dans toute l'étendue du corps cellulaire, FIG. 223 et 224 ; tantôt sous forme de filaments assez gros à contours irréguliers, à trajet tortueux, FIG. 223 ; quelquefois même, dans certaines cellules, la partie chromophile se présente sous forme de blocs plus ou moins volumineux d'où l'on voit partir de fins filaments reliant les blocs les uns aux autres de telle sorte que cette partie du corps cellulaire prend un aspect plus ou moins nettement réticulé, FIG. 224. Dans toutes ces cellules claires, les granulations chromophiles sont plongées dans une substance non chromophile complètement incolore ; de plus, ces cellules présentent presque toujours une zône

périphérique de protoplasme complètement dépourvue de granulations chromophiles, (FIG. 225). Les cellules obscures, au contraire, sont beaucoup plus petites et, de plus, la substance chromophile

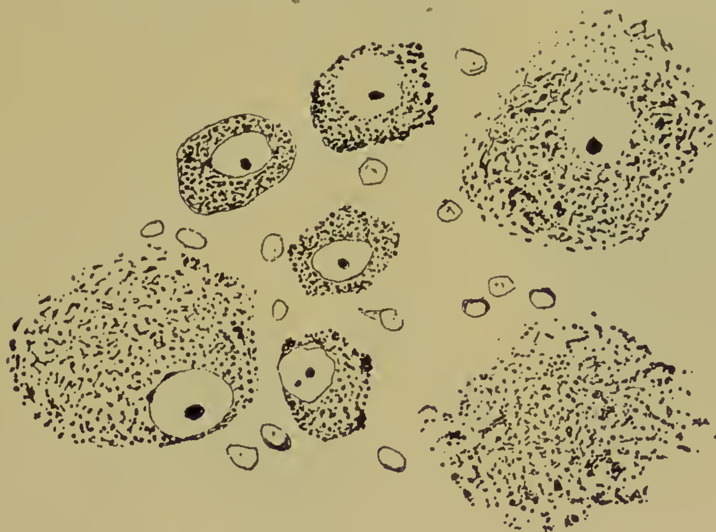


FIG. 223.

Quelques cellules de la coupe précédente dessinées à un fort grossissement.

semble imprégner quelque peu toute l'étendue du corps protoplasmatique.

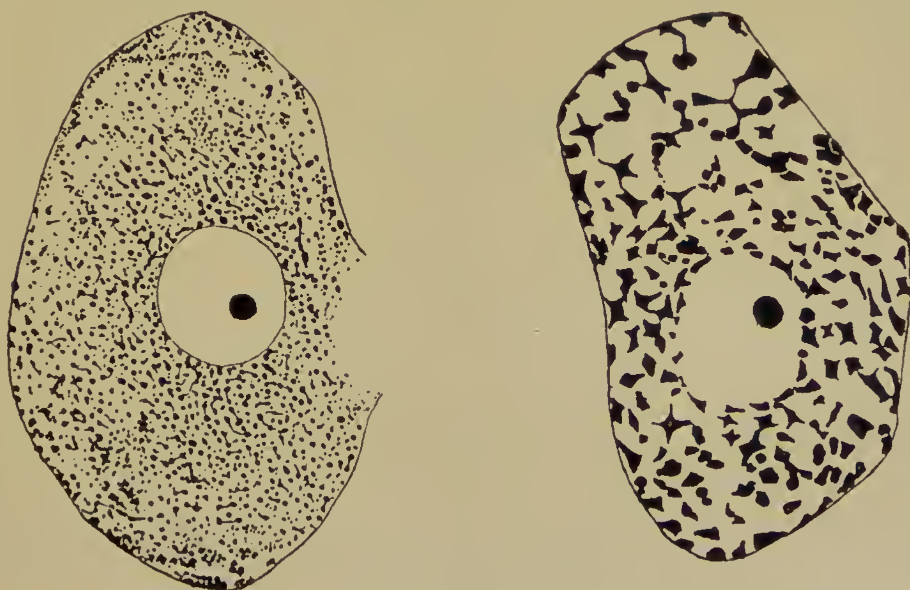


FIG. 224.

Deux cellules d'un ganglion spinal du porc (méthode de NISSL).

On ignore encore, dans l'état actuel de la science, la valeur qu'il faut attribuer à ces aspects divers sous lesquels peut se présenter la

partie chromophile dans le protoplasme des cellules constitutives des ganglions cérébro-spinaux.

Quelque soit le type morphologique auquel ces cellules puissent appartenir, elles ont encore presque toutes comme caractère saillant de n'être pourvues que d'un seul prolongement cellulaire. Ce prolongement unique commence, dans le corps même de la cellule nerveuse, par une partie évasée en forme de cône, totalement dépourvue de substance chromophile et connue sous lé nom de *cône d'origine de l'axone*, FIG. 225. Ce cône d'origine présente une structure nettement fibrillaire.



FIG. 225.
Cellule d'un ganglion spinal de lapin montrant le cône d'origine de l'axone (méthode de NISSL).

Quand on étudie ces cellules des ganglions spinaux de l'adulte soit avec la méthode au bleu de méthylène de EHRLICH [DOGIEL (23), CAJAL et OLORIZ (24)] ; soit, comme nous l'avons fait, avec la méthode d'imprégnation préconisée tout récemment par KRONTHAL, on retrouve dans chaque ganglion les deux éléments clairs et obscurs que nous avons décrits plus haut, FIG. 226. Ce qui les caractérise c'est que les cellules obscures, petites et pyriformes, sont pourvues d'un prolongement excessivement grêle qui quitte en ligne directe le corps cellulaire pour se subdiviser bientôt en un prolongement central et un prolongement périphérique. D'après les recherches de RETZIUS et de DOGIEL, le prolongement de ces cellules obscures est toujours dépourvu de gaine de myéline. Le prolongement unique des cellules claires se comporte tout autrement. Dans le voisinage immédiat de la cellule d'origine ce prolongement, généralement beaucoup plus épais que celui des cellules obscures, s'enroule un certain nombre de fois sur lui-même et produit ainsi, conformément aux observations de RETZIUS, DOGIEL, CAJAL et OLORIZ, un véritable *glomérule initial*. Redevenu rectiligne, ce prolongement unique se bifurque, à une distance parfois considérable du corps cellulaire, en un prolongement central et un prolongement périphérique. Cette bifurcation peut se faire sous les angles les plus variables.

A côté de ces cellules unipolaires dont le prolongement unique se bifurque pour donner naissance à un prolongement interne et à un prolongement externe qui

quittent le ganglion pour se rendre l'un dans la racine postérieure et l'autre dans le nerf périphérique, Dogiel admet encore l'existence, dans chaque ganglion spinal, de deux autres types cellulaires :

1° Des cellules unipolaires dont le prolongement unique se divise en un grand nombre de fibres à myéline, fibres qui ne sortent pas du ganglion mais se terminent par des plexus pericellulaires autour des cellules décrites plus haut. Ces cellules elles-mêmes seraient en connexion avec des fibres sympathiques.

2° Des cellules multipolaires probablement de nature sympathique.

Plus récemment encore (25) le même auteur a décrit un nouveau type cellulaire : ce sont des cellules nerveuses dont le tronc unique se divise en un prolongement interne pénétrant dans la racine postérieure et un prolongement externe se divisant et se subdivisant dans le ganglion lui-même pour s'y terminer par des touffes de ramifications libres.

Dogiel conclut de ses recherches qu'un grand nombre de ganglions spinaux, si pas tous, ont un caractère mixte : ils renfermeraient à la fois des cellules propres à ces ganglions et des cellules sympathiques.

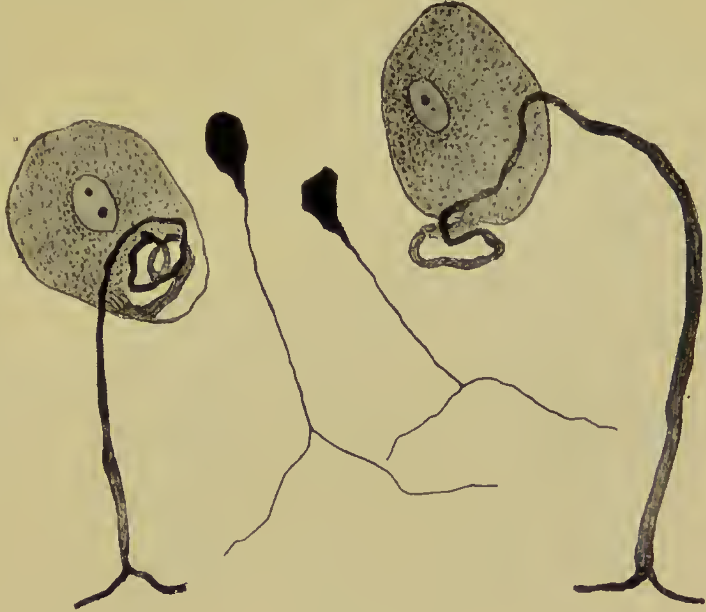


Fig. 226.

Cellules du ganglion de Gasser d'un lapin adulte (méthode de Kronthal).

Nous savons que, embryologiquement, les ganglions spinaux sont formés de cellules bipolaires et que, dans le cours du développement, ces cellules se sont transformées en cellules unipolaires.

Des deux prolongements qui dépendent de chacune de ces cellules nerveuses, l'externe, devenu le cylindre-axe d'une fibre périphérique, se termine par des ramifications libres, soit entre les rangées épithéliales de l'épiderme et des muqueuses périphériques pour y recueillir les impressions du dehors, soit dans les parties internes du corps : les os, le périoste, les muscles, les séreuses, etc., pour y recueillir les impressions internes. Le prolongement interne, au contraire, se dirige vers la moelle. Il devient le cylindre-axe d'une fibre nerveuse des racines postérieures, arrive à la moelle au niveau du sillon colla-

téral dorsal et pénètre directement dans la partie externe du cordon postérieur. Là, ce prolongement se bifurque en une branche ascendante et une branche descendante qui vont devenir l'une et l'autre cylindre-axe d'une fibre constitutive des cordons postérieurs, FIG. 227 et 228.

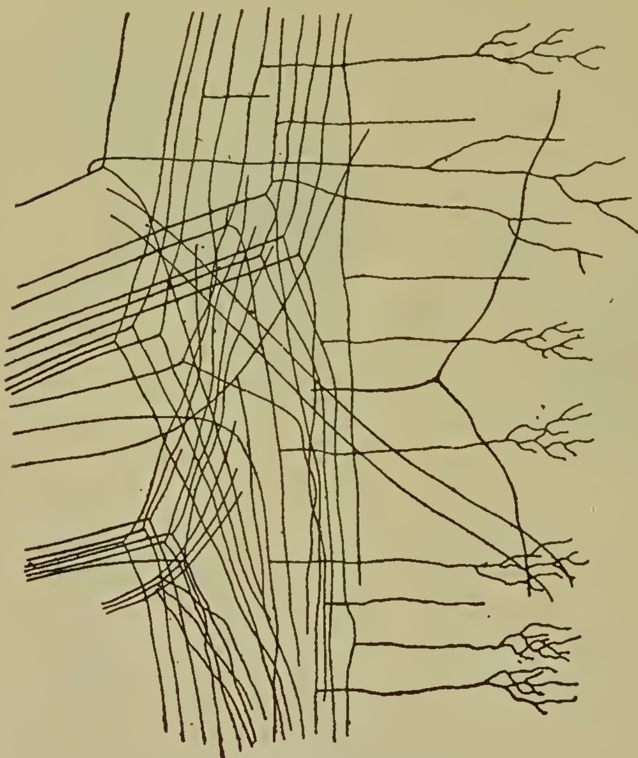


FIG. 227.

Entrée des fibres des racines postérieures dans le cordon postérieur de la moelle d'un embryon de veau. (Méthode de GOLGI).



FIG. 228.

Entrée des fibres radiculaires postérieures chez le lapin adulte.(Méthode de KRONTHAL)

Les branches *descendantes* sont généralement courtes ; elles descendent plus ou moins loin dans le cordon postérieur, puis se recourbent à angle droit sur elles-mêmes et pénètrent horizontalement dans la substance grise pour s'y terminer par des ramifications libres.

Les branches *ascendantes* peuvent se comporter de différentes manières. Ou bien ces branches sont courtes, elles ne montent dans le cordon postérieur que sur une faible étendue, puis elles se recourbent dans la substance grise et s'y terminent ; ce sont les *fibres courtes* des cordons postérieurs. Ou bien, les branches ascendantes sont excessivement longues, elles parcourent toute la longueur de la moelle épinière, depuis l'entrée de la racine postérieure à laquelle elles appar-

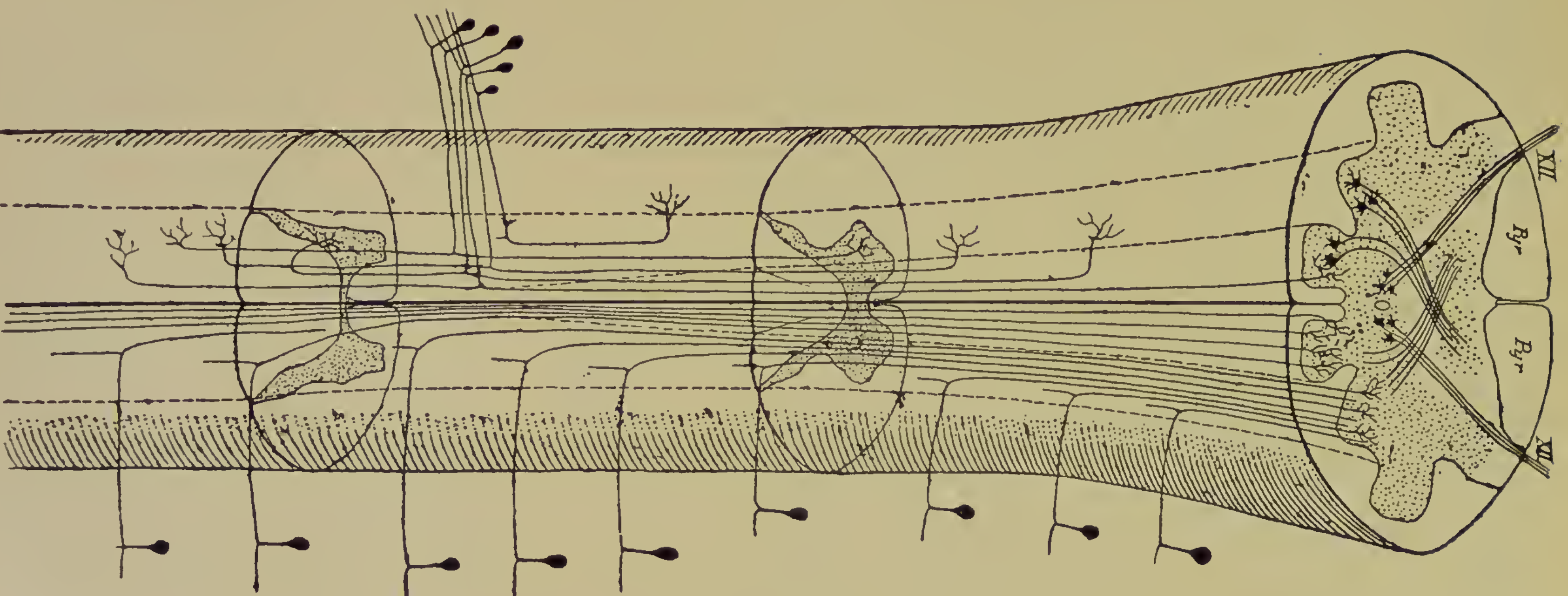


FIG. 229.

Schéma indiquant le trajet que parcourent les fibres des racines postérieures dans les cordons postérieurs.

A gauche, nous avons représenté les différentes fibres provenant d'une seule racine. A droite, nous avons représenté la position relative des fibres longues provenant de racines différentes. Chaque ganglion spinal a été représenté par une seule cellule unipolaire.

tiennent jusqu'à la partie inférieure de la moelle allongée, où elles vont se terminer dans la substance grise qui existe au niveau de la *clava;* ce sont les *fibres longues.*

Ou bien encore, les branches ascendantes ont une longueur comprise entre ces deux extrêmes ; elles montent donc plus ou moins haut dans le cordon postérieur, puis se recourbent sur elles-mêmes et se terminent dans la substance grise ; ce sont les *fibres moyennes.* Nous avons représenté, dans la moitié gauche du schéma de la FIG. 229, le trajet, dans le cordon postérieur, des différentes fibres appartenant à une même racine. En montant et en descendant dans ce cordon, les branches ascendantes et descendantes émettent de nombreuses branches collatérales qui pénètrent horizontalement dans la substance grise et s'y terminent par des ramifications libres. Ces collatérales, nées des branches de bifurcation des fibres des racines postérieures, sont principalement des *collatérales longues*, sensitivo-motrices, dans le voisinage immédiat de la bifurcation. Ces collatérales longues se ramifient et se terminent entre les cellules nerveuses de la corne antérieure. Au fur et à mesure que l'on s'éloigne du point de bifurcation, les collatérales sont *courtes ;* elles se ramifient et se terminent dans les diverses régions de la corne postérieure.

Littérature.

1. FLECHSIG : *Die Leitungsbahnen im Gehirn und Rückenmark.* Leipzig. 1876. — 2. VAN GEHUCHTEN : *Faisceau pyramidal et maladie de Little.* Journal de neurologie, vol. I, 5 Juin 1896. — 3. FLATAU : *Das Gesetz der excentrischen Lagerung der langen Bahnen im Rückenmark.* Sitzungsber der Königl. preuss. Akad. d. Wiss. zu Berlin, 1897. — 4. BOUCHARD : *Des dégénérations secondaires de la moelle épinière.* Archives générales de médecine, 1866. — 6. LÖWENTHAL :*Dégérations secondaires ascendantes dans le bulbe rachidien, dans le pont et dans l'étage supérieur de l'isthme.* Revue médicale de la Suisse romande, 1885. — 6. SINGER et MUNZER : *Beiträge zur Anatomie des Centralnervensystems insbesondere des Rückenmarkes.* Abhandl. der Wiener Akademie. 1890. — 7. SHERRINGTON : *Note on the spinal portion of some ascending degeneration.* Journal of Physiology, vol. XIV, 1893. — 8. MUNZER et WIENER : *Beiträge zur Anatomie des Centralnervensystems.* Prager Medicin. Wochenschrift, 1895. — 9. MARCHI : *Sull' origine e decorso dei peduncoli cerebellari.* Archives italiennes de Biologie, 1892. — 10. BOYCE : *Beitrag zur Lehre von der absteigenden Degeneration in Gehirn und Rückenmark und Bemer-*

kungen über die Localisation und die Leitungsbahnen der Krämpfe bei der Absynth-Epilepsie. Neurol. Centralbl., 1894. — 11. FERRIER et TURNER : *A record of Experiments illustrative of the Symptomatology and Degenerations following Lesions of the cerebellum and its Peduncles and related structures in Monkeys.* Philosophical Transactions of the Royal Society of London, 1894. — 12. MUNZER : *Beiträge zum Aufbaue des Centralnervensystems.* Prager med. Wochenschrift, 1895. 13. ROTHMANN : *Die primären combinirten Strangerkrankungen des Rückenmarkes.* Deutsche Zeitsch. f. Nervenheilk. Bd. VII, 1898. — 14. TSCHERMAK : *Ueber den centralen Verlauf der aufsteigenden Hinterstrangbahnen und deren Beziehungen zu den Bahnen im Vorderseitenstrang.* Archiv fur Anat. und Phys., Anatom. Abth., 1898. — 15. THOMAS : *Etude sur quelques faisceaux descendants de la moelle.* Journal de physiologie et de pathologie générale, 1899. — 16. MUNZER et WIENER : *Beiträge zur Anatomie und Physiologie des Centralnervensystems der Taube.* Monatschrift fur Psychiatrie und Neurologie, 1898. — 17. VAN GEHUCHTEN : *Le faisceau longitudinal postérieur.* Bull. de l'Acad. royale de Médecine de Belgique. 1895. — 18. HELD : *Die centralen Bahnen der Nervus acusticus bei der Katze.* Archiv fur Anatomie und Physiologie, 1891, *Die centrale Gehörleitung.* Ibid., 1893. — 19. THOMAS : *Le cervelet,* Paris, 1897. — 20. NISSL : *Die Hypothese der specifischen Nervenzellenfunction.* Zeitschrift f. Psychiatrie, Bd. 54. — 21. VAN GEHUCHTEN et NELIS : *Quelques points concernant la structure des cellules des ganglions spinaux.* Bulletin de l'Académie royale de médecine de Belgique. 1898. — 22. LUGARO : *Sulle alterazioni delle cellule nervose dei gangli spinali in seguito al toglio della branca periferica o centrale del loro prolungamento.* Rivista di patologia nervosa e mentale, 1896. — 23. DOGIEL : *Der Bau der Spinalganglien bei den Säugetieren.* Anatom. Anz. 1896, pp. 140-162. — *Zur Frage über den feineren Bau des Spinalganglien und deren Zellen bei Säugetieren.* Monatschrift f. Anat. und Phys., 1897. — 24. CAJAL et OLORIZ : *Los ganglios sensitivos craneales de los mamiferos.* Revista trimestral micrografica. Vol. II, 1897. — 25. DOGIEL : *Zur Frage über den Bau der Spinalganglien beim Menschen und bei den Säugetieren.* Monatsschrift f. Anat. und Phys., 1898.

DIX-HUITIÈME LEÇON

La structure interne de la moelle épinière.

(Suite).

Place occupée dans le cordon postérieur par les fibres longues et les fibres courtes. Fibres endogènes et fibres exogènes. — Fibres à trajet descendant. Les éléments nerveux de la substance grise de la moelle. Les cellules nerveuses : cellules radiculaires et cellules des cordons.

Les branches ascendantes nées de la bifurcation des fibres radiculaires postérieures comprennent, avons-nous vu, des fibres longues, des fibres moyennes et des fibres courtes.

Où se trouvent, dans le cordon postérieur, ces fibres longues et ces fibres courtes et quel est le trajet que suivent dans ce cordon les fibres qui appartiennent à une racine postérieure déterminée?

Pour résoudre ces questions, on a eu recours à des recherches expérimentales sur des animaux et à des observations anatomo-pathologiques chez l'homme. Nous avons dit qu'après une section transversale complète de la moelle, il y avait dégénérescence de toutes les fibres du cordon postérieur dans les coupes pratiquées non seulement *au-dessus* du plan de section, mais encore *en dessous* de l'entrée dans la moelle de la racine postérieure immédiatement voisine. Cette remarque avait son importance, parce que chaque racine postérieure amène dans le cordon postérieur des fibres nouvelles, lesquelles, n'ayant pas été sectionnées, ne subissent pas la dégénérescence secondaire.

Prenons une moelle présentant, en un point quelconque, une interruption complète de toutes les fibres de la substance blanche soit à la suite d'une section expérimentale FIG. 230, soit comme conséquence d'une lésion pathologique. Vous savez que si l'on pratique dans cette moelle une coupe transversale immédiatement *au-dessus* du point sectionné ou lésé, on y trouvera en dégénérescence toutes les fibres du cordon postérieur FIG. 230, A. Si, au contraire, on pratique une coupe à quelques centimètres au-dessus du point

lésé, c'est-à-dire *au-dessus* de l'entrée, dans ce tronçon supérieur de la moelle, des racines postérieures d'un ou de deux nerfs périphériques, la zone des fibres dégénérées n'occupera plus que la partie interne du cordon postérieur, tandis que sa partie externe sera

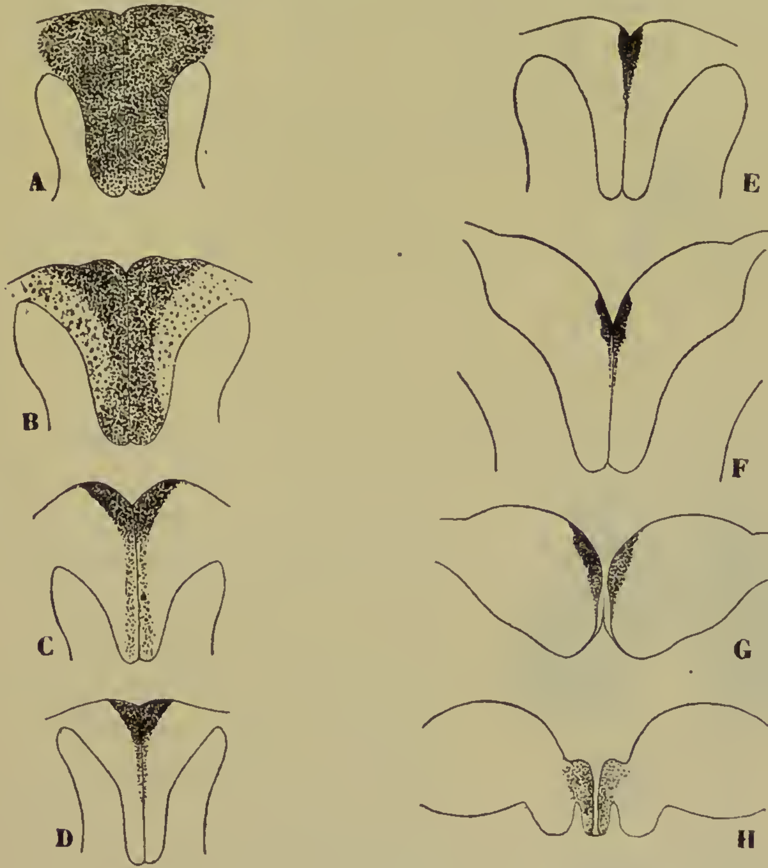


FIG. 230.

Série de coupes transversales faites dans la moelle épinière d'un lapin ayant survécu 12 jours à la section de la moelle au niveau du 20e segment (les cordons postérieurs sont seuls représentés).

formée de fibres normales, FIG. 230, B. Celles-ci ne peuvent appartenir qu'aux racines postérieures qui ont pénétré dans la moelle entre le niveau d'interruption des fibres de la substance blanche et le niveau auquel correspond la coupe. A leur entrée dans les cordons postérieurs, les fibres des racines postérieures vont donc occuper la partie du cordon voisine de la corne grise. Cette partie externe du cordon postérieur porte le nom de *zone radiculaire*. Si l'on pratique dans cette moelle une coupe à un endroit plus éloigné encore du point lésé, FIG. 230, C. D. E. F. etc., la zone des fibres dégénérées, considérablement réduite, n'occupera plus dans le cordon postérieur que la

partie voisine du septum médian. Le faisceau de fibres dégénérées diminue en même temps de volume de bas en haut ; cette diminution est due aux fibres courtes qui quittent ce faisceau pour se terminer dans la substance grise au fur et à mesure qu'il monte dans la moelle. Ce faisceau, de plus en plus réduit, peut se poursuivre jusqu'au niveau de la masse grise du myélencéphale connue sous le nom de *noyau du faisceau de Goll,* FIG. 230 H. Cette masse grise représente le noyau terminal des fibres longues des cordons postérieurs appartenant aux nerf sacrés, aux nerfs lombaires et aux nerfs dorsaux inférieurs.

Pour faire la contre-épreuve de ces expériences et pour déterminer plus exactement encore le trajet, dans le cordon postérieur, des fibres provenant d'une racine postérieure donnée, SINGER et MUNZER (1) ont sectionné, sur un chien, d'un seul côté de la moelle, les racines postérieures du 26e, 27e et 28e nerf spinal, puis celles du 20e, 21e et 22e nerf spinal. Une coupe transversale faite au-dessus de l'entrée du 26e nerf spinal montre des fibres en dégénérescence le long de la face interne de la corne postérieure. Au dessous du 22e nerf spinal, les fibres dégénérées ont quitté la corne postérieure et forment une zone triangulaire tout près de la cloison médiane dorsale, FIG. 231. Ces fibres dégénérées appartiennent aux racines inférieures sectionnées ; elles ont été refoulées vers la partie interne du cordon postérieur par les fibres normales provenant des racines du 25e, 24e et 23e nerf spinal.



FIG. 231.



FIG. 232.



FIG. 233.

Entre le 20e et le 22e nerf spinal, les fibres dégénérées venant du 26e, 27e et 28e nerf spinal restent près de la cloison médiane, tandis que de nouvelles fibres dégénérées appartenant aux racines du 22e et du 21e nerf spinal apparaissent le long de la corne postérieure, FIG. 232.

Au niveau du 18e nerf dorsal, cette dernière zone de fibres en dégénérescence a été écartée de la corne postérieure et occupe la

partie moyenne du cordon postérieur, tandis que la zone dégénérée des fibres inférieures reste près de la cloison médiane, FIG. 233.

Dans la moelle dorsale, les deux zones dégénérées tendent à fusionner, FIG. 234, tandis qu'au niveau du renflement cervical cette fusion est faite; on n'y trouve plus qu'une zone triangulaire unique près de la cloison médiane, FIG. 235.

Chacun de ces faisceaux de fibres dégénérées diminue de volume de bas en haut; on peut donc en conclure qu'au fur et à mesure qu'ils montent dans la moelle, ces faisceaux abandonnent des fibres nerveuses qui se rendent dans la substance grise; ce sont les fibres des voies courtes. Les fibres qui restent dans le cordon peuvent être poursuivies jusqu'à la moelle allongée, où elles se terminent dans la *clava;* ce sont les fibres des voies longues.



FIG. 234.



FIG. 235.

Ces résultats expérimentaux ont été obtenus également par MOTT (2) et par MARGULIES (3) pour la moelle épinière du singe, par LÖWENTHAL, (4) ODDI et ROSSI (5) et d'autres chez différents mammifères. Ils ont été confirmés, pour la moelle de l'homme, par de nombreuses observations anatomo-pathologiques publiées par PFEIFFER (6), GOMBAULT (7), REDLICH (8), SOTTAS (9), MAYER (10), NAGEOTTE (11), SOUQUES (12), MARGULIES (13), DÉJERINE et THOMAS (14), RUSSELL (15), SCHAFFER (16), MARINESCO (17), etc. Nous avons reproduit, dans la FIG. 236, trois coupes de la moelle d'un homme chez qui une compression des nerfs de la queue de cheval avait amené la dégénérescence des fibres des racines postérieures de ces nerfs. La position des fibres dégénérées dans le cordon postérieur concorde parfaitement avec les résultats obtenus expérimentalement chez le chien.

De la position de ces fibres dégénérées dans le cordon postérieur à différentes hauteurs de la moelle, on peut donc déduire naturellement le trajet que suivent, dans ce cordon, les fibres provenant d'une racine spinale donnée. A leur entrée dans la moelle, ces fibres se placent dans la partie externe du cordon, c'est-à-dire sur la face

interne de la corne grise postérieure où elles forment la *zone radiculaire*. Elles conservent cette position jusqu'à l'entrée des fibres de la racine immédiatement supérieure. A ce niveau, elles sont refoulées en dedans par ces fibres nouvelles. La même chose se répète à l'entrée de chaque racine postérieure, jusqu'à ce que, à la fin, les fibres de la racine inférieure occupent la partie tout à fait interne du cordon. Nous avons représenté cette disposition relative des fibres des différentes racines dans la moitié droite du schéma de la FIG. 237. Chaque ganglion spinal a été figuré par une seule cellule nerveuse et chaque racine postérieure par une seule fibre nerveuse longue.



FIG. 236.

Trois coupes d'une moelle épinière ayant subi une compression des nerfs de la queue de cheval (d'après REDLICH).

A : Coupe de la moelle sacrée.
B : Coupe de la partie inférieure de la moelle dorsale.
C : Coupe du renflement cervical.

La partie laissée en blanc dans les cordons postérieurs représente la zone des fibres dégénérées.

Le cordon postérieur de la moelle augmente de volume de bas en haut parce que chaque racine postérieure amène dans ce cordon de nouvelles fibres constitutives. Mais cette augmentation de volume du cordon postérieur n'est pas proportionnelle au nombre des fibres amenées par chaque racine. Parmi ces fibres, en effet, quelques-unes seulement constituent des voies longues et peuvent être poursuivies à travers toute la longueur de la moelle ; le plus grand nombre d'entre elles, au contraire, sont des voies courtes, c'est-à-dire qu'après avoir été, sur un certain trajet, fibres constitutives du cordon postérieur, elles quittent ce cordon pour se terminer dans la substance grise.

Nous avons vu que, à partir de la moelle dorsale supérieure, chaque

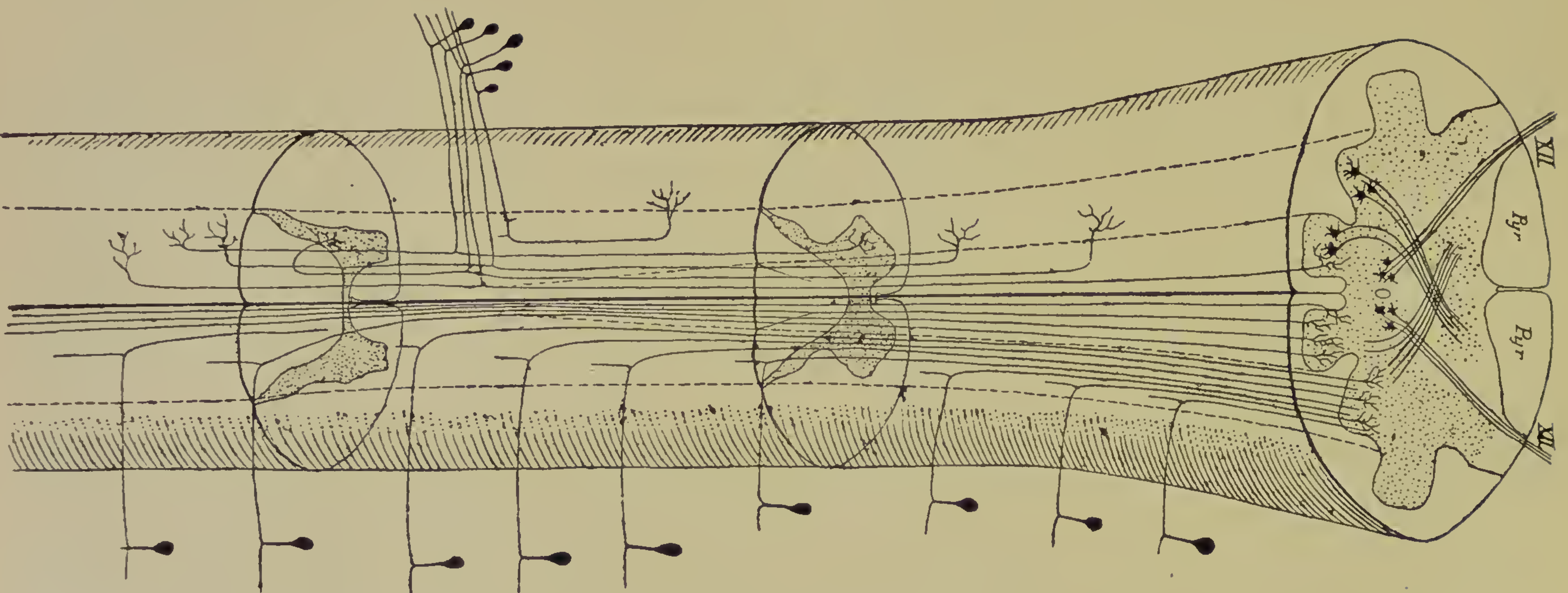


FIG. 237.

Schéma indiquant le trajet que parcourent les fibres des racines postérieures dans les cordons postérieurs.

A gauche, nous avons représenté les différentes fibres provenant d'une seule racine. A droite, nous avons représenté la position relative des fibres longues provenant de racines différentes. Chaque ganglion spinal a été représenté par une seule cellule unipolaire.

cordon postérieur est subdivisé, par une cloison paramédiane, en un faisceau interne ou faisceau de GOLL et un faisceau externe ou faisceau de BURDACH. D'après les recherches de FLECHSIG, les fibres du faisceau de BURDACH sont entourées de myéline sur des embryons humains de 25 ctm., tandis que les fibres du faisceau de GOLL ne développent leur gaine de myéline que plus tard, sur des embryons de 28 à 30 ctm. S'appuyant sur ces faits, on a cru pendant longtemps devoir considérer ces deux faisceaux comme formés de fibres nerveuses physiologiquement différentes. Les observations relatées plus haut, sur les phénomènes de dégénérescence observés dans le cordon postérieur à la suite de la section ou de la lésion d'une racine postérieure en dedans de son ganglion spinal, ont montré que cette distinction ne pouvait se maintenir. Dans la partie inférieure de la moelle dorsale, dans la moelle lombaire et la moelle sacrée, le cordon postérieur forme un faisceau unique formé à la fois de fibres longues, de fibres moyennes et de fibres courtes. Les fibres des racines sacrées forment toute l'épaisseur du cordon postérieur le long de la moelle sacrée. Au niveau du renflement lombaire, les fibres des racines sacrées, refoulées en dedans, occupent la partie interne du cordon, tandis que les fibres lombaires occupent la partie externe.

Le long de la moelle dorsale, les fibres sacrées occupent la partie interne du cordon, les fibres lombaires la partie moyenne et les fibres dorsales la partie externe. Les fibres sacrées ont abandonné la plupart de leurs fibres courtes, les fibres lombaires sont formées de fibres longues, de fibres moyennes et de fibres courtes, tandis que dans les fibres dorsales prédominent les fibres courtes.

Au niveau de la moelle cervicale, toutes les fibres du cordon postérieur venant de la partie inférieure de la moelle sont refoulées en dedans, pour faire place aux fibres cervicales. La partie interne du cordon postérieur n'est plus formée, à ce niveau, que de fibres longues venant des racines sacrées et des racines lombaires ; dans la partie moyenne du cordon, on trouve un mélange de fibres longues et de fibres moyennes venant des racines dorsales ; toute la partie externe du cordon est occupée par les fibres longues, moyennes et courtes des racines cervicales. A ce niveau survient la cloison paramédiane divisant le cordon en deux faisceaux : le faisceau interne ne renfermera que des fibres longues et des fibres moyennes venant de la partie inférieure de la moelle : c'est le faisceau de GOLL ; le faisceau externe sera formé à la fois de fibres courtes, de fibres moyennes et de fibres

longues appartenant aux racines supérieures de la moelle : c'est le faisceau de BURDACH.

Toutes les fibres du cordon postérieur ont-elles la même signification, c'est-à-dire, devons-nous les considérer toutes comme les prolongements internes des cellules des ganglions spinaux ? Ou bien existe-t-il dans le cordon postérieur des fibres qui ont leurs cellules d'origine dans la substance grise de la moelle elle-même ?

Pour résoudre cette question par l'étude des dégénérescences secondaires, on peut s'y prendre de deux façons : ou bien on peut sectionner, chez un animal, toutes les racines postérieures des nerfs lombo-sacrés et voir alors s'il persiste, dans le cordon postérieur, des fibres qui échappent à la dégénérescence ; ou bien, on peut chercher un moyen quelconque pour détruire la substance grise de la moelle en respectant les fibres de la substance blanche et les ganglions spinaux des racines postérieures, et voir si l'on rencontre dans le cordon postérieur des fibres en dégénérescence.

Les deux expériences ont été réalisées et ont donné des résultats concordants.

En 1884, EHRLICH et BRIEGER (18) ont montré qu'une ligature temporaire de l'aorte abdominale (expérience de STENSON) amène la nécrose de la substance grise de la moelle lombaire. Cette expérience nous met entre les mains un moyen d'étudier les dégénérescences secondaires accompagnant la destruction des cellules nerveuses de la substance grise. Ils ont trouvé, chez des animaux qui avaient survécu quelques semaines à cette expérience, outre la dégénérescence des fibres des racines antérieures et d'un grand nombre de fibres du cordon antéro-latéral, sur lesquelles nous reviendrons plus loin, une zone de fibres en dégénérescence au sommet du cordon postérieur tout près de la commissure grise. SINGER et MUNZER (1), MUNZER et WIENER (19), SARBO (20), ROTHMANN (21), ont repris ces expériences avec la méthode de MARCHI ; ils ont obtenu une dégénérescence diffuse dans les cordons postérieurs, surtout prononcée au sommet de ces cordons. Ils en ont conclu à l'existence, dans le cordon postérieur, de fibres ayant leurs cellules d'origine dans la substance grise de la moelle elle-même.

Les mêmes fibres existent dans les cordons postérieurs de la moelle chez l'homme. Il y a une maladie organique du système nerveux caractérisée par une dégénérescence des fibres des racines

postérieures (le tabes). On trouve, dans la moelle de certains de ces malades, une dégénérescence complète des fibres des cordons postérieurs, à l'exception d'une zone de fibres nerveuses voisine de la commissure grise. Ces fibres non dégénérées ne peuvent donc pas appartenir aux racines postérieures.

Le même fait a été observé dans des cas d'écrasement de la queue de cheval : tout le long de la moelle sacrée et de la moelle lombaire, les fibres des cordons postérieurs étaient dégénérées, sauf dans une zone assez large bordant la commissure grise et se prolongeant en pointe le long du col de la corne postérieure [DÉJERINE et SOTTAS (22)].

Il existe donc, dans les cordons postérieurs, deux espèces de fibres nerveuses : les unes représentent la continuation directe des fibres des racines postérieures. Elles forment la plus grande masse du cordon. Elles ont leurs cellules d'origine dans les ganglions spinaux. On les appelle *fibres radiculaires* ou *fibres exogènes* [P. MARIE (23)]. Les autres forment un petit faisceau occupant le sommet du cordon postérieur. Elles ont leur origine dans la substance grise de la moelle. Elles représentent des fibres commissurales longitudinales et sont désignées sous le nom de *fibres médullaires* ou *fibres endogènes*. Ces fibres sont réunies en un petit faisceau au sommet du cordon postérieur où elles constituent le *faisceau fondamental du cordon postérieur*. On le désigne encore sous le nom de *zone ventrale des cordons postérieurs* ou *faisceau des fibres cornu-commissurales* (P. MARIE).

En étudiant la structure de la substance grise au moyen de la méthode de GOLGI, nous verrons que les cellules d'origine de ces fibres commissurales postérieures siègent dans la substance grise des cornes postérieures.

Ce faisceau des fibres cornu-commissurales n'est cependant pas formé *exclusivement* de fibres endogènes mais, d'après les recherches de DEJERINE et SPILLER (24), DEJERINE et THOMAS (14), de RUSSELL (15) BISCHOFF (34), SIEMERLING (24') et d'autres, à ces fibres endogènes se trouvent mélangées un certain nombre de fibres exogènes. FLATAU et BEVENUTI (25) admettent même qu'il n'existe là exclusivement que des fibres radiculaires ou exogènes. Ce qui nous paraît peu probable.

Les fibres des cordons postérieurs sont donc, au point de vue anatomique, des fibres médullaires ou endogènes et des fibres radiculaires ou exogènes.

D'après les dernières recherches embryologiques de FLECHSIG, chaque cordon postérieur renfermerait au moins quatre faisceaux ou quatre systèmes de fibres

nerveuses différents l'un de l'autre par l'époque à laquelle leurs fibres constitutives s'entourent de la gaine de myéline.

Etablir, dit Flechsig (25), que toutes les fibres des cordons postérieurs sont la continuation des fibres des racines postérieures, ce n'est pas du tout résoudre la question de savoir si toutes ces fibres ne forment qu'un seul *système*, c'est-à-dire si toutes ces fibres ont les mêmes connexions anatomiques et remplissent par conséquent les mêmes fonctions. Toutes ces fibres ne sont pas équivalentes. Sectionner une racine postérieure, c'est sectionner toutes les fibres indistinctement, qu'elles viennent des muscles, de la peau, des viscères ou de n'importe quelle autre partie du corps; qu'elles servent aux voix réflexes ou qu'elles soient destinées à la voie centrale corticale. La méthode embryologique seule permet d'établir les systèmes.

C'est en se basant sur les résultats obtenus par cette méthode, que Flechsig divise donc chaque cordon postérieur de la moelle dans les quatre zones suivantes : fig. 238.

1° La *zone radiculaire postérieure* formée d'une partie médiane et d'une partie latérale. Toutes ses fibres constitutives proviennent des fibres des racines postérieures et se terminent dans la substance grise de la moelle.

2° La *zone radiculaire antérieure* formée en majeure partie des fibres radiculaires postérieures. Après un court trajet ascendant ces fibres se terminent dans la corne postérieure.

3° La *zone radiculaire moyenne* formée de fibres appartenant à deux systèmes : les fibres du premier système proviennent des fibres radiculaires postérieures et se terminent dans la colonne de Clarke; les fibres du deuxième système représenteraient, dans la moelle lombaire, les fibres du cordon de Goll de la moelle cervicale.

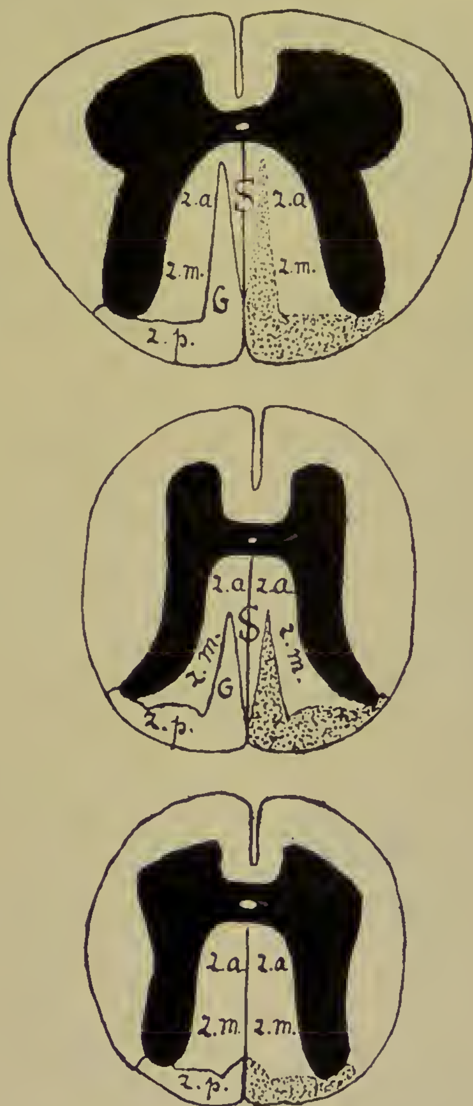


FIG. 238.

Subdivision des fibres du cordon postérieur (d'après Flechsig).

z. p. : Zone radiculaire postérieure.
z. m. : Zone radiculaire moyenne.
z. a. : Zone radiculaire antérieure.
S. : Zone médiane.
G. : Faisceau de Goll.

4° La zone médiane formée de fibres nerveuses dont FLECHSIG ignore l'origine.

De tous ces systèmes, celui de GOLL est le seul qui augmente de volume de bas en haut.

Ces recherches de FLECHSIG concordent assez bien avec les recherches anatomiques : les cordons postérieurs renferment des *fibres radiculaires* et des *fibres médullaires*. Les *fibres radiculaires* forment la zone radiculaire postérieure, la zone radiculaire moyenne, au moins en partie, et la zone radiculaire antérieure de FLECHSIG tandis que les *fibres médullaires* correspondent, au moins en partie, aux fibres de la zone médiane de FLECHSIG.

Cette subdivision des cordons postérieurs basée sur des recherches embryologiques ne correspond pas à celle que l'on pourrait établir par l'étude des dégénérescences secondaires ; mais la première serait plus importante que la seconde, parce que, d'après FLECHSIG, elle correspond aux dégénérescences des cordons postérieurs consécutives aux lésions du tabes.

Jusqu'ici, pour ne pas compliquer la description, nous n'avons parlé, dans le cordon postérieur, que de fibres présentant la dégénérescence secondaire *ascendante*. Il existe cependant dans ce cordon des fibres à dégénérescence secondaire *descendante*. Nous avons vu, en effet, que les fibres radiculaires, à leur entrée dans le cordon postérieur, se bifurquent en branches ascendantes et en branches descendantes. On admet généralement que les branches descendantes sont toutes des fibres courtes. Nous croyons que cette opinion ne correspond pas à la réalité et que, parmi ces branches descendantes il y a également des fibres courtes, des fibres moyennes et des fibres longues. Une fois séparées de leurs cellules d'origine, ces fibres subissent la dégénérescence secondaire descendante.



FIG. 239.

Coupe de la moelle cervicale avec les fibres présentant la dégénérescence descendante (d'après SCHULTZE).

a : Virgule de SCHULTZE.
b : Faisceau pyramidal latéral.

Où se trouvent ces fibres à trajet descendant?

Dans certains cas de lésion transversale complète de la moelle cervicale ou dorsale, quelques auteurs [BASTIAN (26), KAHLER et PICK (27), STRUMPELL (28) et WESTPHAL (29)] ont décrit, depuis longtemps, une zone de fibres dégénérées en dessous du point lésé. SCHULTZE (30) a décrit ce faisceau de fibres descendantes dans quatre cas de compression de la moelle cervicale. Il occupe la partie médiane du cordon postérieur, FIG. 239; renflé en avant et aminci en arrière, ce *faisceau en virgule* peut se poursuivre sur

une longueur d'environ 2 centimètres et demi en dessous du point lésé. On le désigne depuis sous le nom *faisceau en virgule de Schultze.*

Dans la moelle lombaire, FLECHSIG a signalé, de chaque côté du septum médian, l'existence d'un petit faisceau de fibres nerveuses distinctes des fibres voisines par l'époque de myélinisation, FIG. 240. On le désigne sous le nom de *centre ovale de Flechsig.* Les fibres constitutives présentent la dégénérescence secondaire descendante.

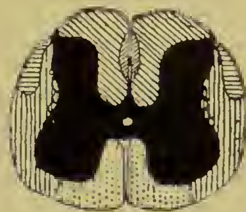


FIG. 240.
Les différents faisceaux de la substance blanche de la moelle lombaire (d'après FLECHSIG).

D'après les recherches de GOMBAULT et PHILIPPE (31) il existe, dans la moelle sacrée, un petit faisceau triangulaire de fibres nerveuses descendantes à la partie postéro-interne de chaque cordon postérieur; c'est le *triangle de Gombault et Philippe.*

On a cru pendant un certain temps que ces trois faisceaux de fibres nerveuses étaient indépendants l'un de l'autre, le faisceau en virgule appartenant à la moelle cervicale, le centre ovale de FLECHSIG à la moelle lombaire et le triangle de GOMBAULT et PHILIPPE à la moelle sacrée. Les nombreuses recherches publiées dans ces derniers temps prouvent qu'il n'en est pas ainsi.

Le faisceau en virgule de SCHULTZE ne s'observe pas seulement dans les cas de lésion transversale de la moelle cervicale, mais encore dans les cas de lésion transversale de la moelle dorsale et même de la moelle lombaire; de plus, ses fibres constitutives descendent beaucoup plus bas que SCHULTZE ne l'avait cru tout d'abord. C'est ainsi que BARBACCI (32), dans un cas de lésion transversale au niveau du 7e segment dorsal a pu poursuivre des fibres dégénérées jusque dans le cône terminal où elles occupaient, de chaque côté du septum médian, le centre ovale de FLECHSIG et le triangle de GOMBAULT et PHILIPPE. HOCHE (33), dans un cas de compression au même niveau (7e paire dorsale) a retrouvé un faisceau en virgule de SCHULTZE dont les fibres dégénérées pouvaient se poursuivre jusqu'à la 5e racine lombaire. Il décrit, de plus, une zône de fibres en dégénérescence à la périphérie du cordon postérieur (faisceau superficiel ou faisceau de HOCGE). Ces fibres descendent dans le centre ovale de FLECHSIG et dans le triangle de GOMBAULT et PHILIPPE et peuvent se poursuivre, en partie, jusqu'au filet terminal. Dans un autre cas de compression médullaire au niveau du 7e segment médullaire, la dégénérescence de la virgule de SCHULZE s'arrêtait au 12e segment dorsal, tandis que celle du faisceau superficiel descendait jusqu'au filet terminal. BISCHOFF (34), FLATAU (35), ZAPPERT (36), QUESNEL (37), DEJERINE et THEOHARI (38) signalent également, dans des cas de compression médullaire à différents niveaux de la moelle cervico-dorsale, la dégénérescence d'un faisceau en virgule indépendant d'un autre faisceau de fibres nerveuses (faisceau superficiel) se continuant avec le centre ovale de FLECHSIG et le triangle de GOMBAULT et PHILIPPE.

Les trois faisceaux de fibres nerveuses à dégénérescence descendante ne sont pas indépendants les uns des autres : le centre ovale de FLECHSIG et le triangle de GOMBAULT et PHILIPPE ne sont que les parties inférieures d'un faisceau de fibres nerveuses pouvant se poursuivre à travers toute la longueur de la moelle dorsale ; c'est le *faisceau superficiel* de HOCHE. On le désigne quelquefois, dans sa partie lombo-sacrée, avec BRUCE et MUIR (39) sous le nom de *faisceau septo-marginal* ou bien, avec OBERSTEINER, sous le nom de *faisceau sacré dorso-médian.*

Ce faisceau de HOCHE doit être formé de fibres longues puisqu'il dégénère dans sa partie lombo-sacrée quelque soit le niveau de la lésion médullaire.

Le faisceau en virgule semble être indépendant du faisceau de HOCHE. On l'observe, dans le cordon postérieur, à la suite d'une lésion transversale à n'importe quel niveau. Quand cette lésion intéresse la moelle cervicale, le faisceau en virgule dégénère jusqu'à la partie inférieure de la moelle dorsale ; quand elle intéresse la moelle dorsale, le faisceau dégénéré descend plus ou moins loin dans la moelle lombaire. Quand c'est, au contraire, la moelle lombaire qui est lésée, un faisceau en virgule descend jusque dans la moelle sacrée.

Il résulte de ces recherches que le faisceau en virgule ne peut pas être formé de fibres nerveuses longues s'étendant sur toute la longueur de la moelle épinière, mais bien de fibres courtes puisque la longueur de son trajet descendant dans la moelle épinière varie avec le niveau de la lésion médullaire ; de plus, il n'existe pas *un* faisceau en virgule, mais un grand nombre de faisceaux en virgule superposés les uns aux aux autres.

Les auteurs ne sont pas d'accord sur l'origine des fibres qui entrent dans la constitution de ces deux faisceaux à dégénérescence descendante. Les uns les considèrent comme formées exclusivement de fibres endogènes [TOOTH (40), MARIE (41), GOMBAULT et PHILIPPE (31), DUFOUR (42), PHILIPPE (43), MAYER, DAXENBERGER (44), SCHAFFER (19), MARGULIES (3), WOROTYNSKI (45), etc.]. Les autres admettent, avec FLATAU, SCHULTZE, BRUNS, SINGER, REDLICH, ZAPPERT, REIMERS, etc., que ces faisceaux des cordons postérieurs sont formés uniquement par les branches descendantes des fibres radiculaires postérieures. HOCHE, BISCHOFF, BRUCE et d'autres admettent que les fibres de ces faisceaux peuvent se poursuivre sur une longueur parfois considérable, mais ne se prononcent pas sur leur origine médullaire ou radiculaire. DEJERINE et SOTTAS sont

d'avis que ces faisceaux des cordons postérieurs renferment à la fois des fibres endogènes et des fibres exogènes avec prédominance des premières. WALLEMBERG (46), RUSSELL (15) et MULLER (47) ont admis tout récemment cette manière de voir.

Un fait incontestable, c'est qu'au moins une partie de ces fibres doivent être considérées comme les branches descendantes des fibres radiculaires. Un grand nombre d'auteurs ont, en effet, constaté, à la suite de la section expérimentale ou de la lésion pathologique de l'une ou l'autre racine postérieure, une dégénérescence descendante dans le cordon postérieur correspondant; mais, contrairement à ce qui se passe à la suite de la lésion transversale complète, ce faisceau dégénéré ne peut se poursuivre que sur une longueur de deux ou de trois segments médullaires. FLATAU signale cependant, à la suite de la section des 7me et 8me racines cervicales chez le chien, une dégénérescence en virgule jusqu'au niveau du huitième segment dorsal. MARGULIES a pu poursuivre, chez le singe, la dégénérescence descendante consécutive à la section d'une racine postérieure sur une longueur de neuf segments médullaires. Cette dégénérescence correspond toujours au faisceau en virgule.

S'appuyant sur ces faits, ainsi que sur l'étude de la dégénérescence descendante observée dans deux cas de lésion transversale complète de la moelle, DEJERINE et THEOHARI concluent, dans un travail tout récent, que les fibres courtes du faisceau en virgule de SCHULTZE représentent les branches descendantes des racines postérieures, tandis que les fibres longues de ce même faisceau auraient une origine médullaire. Quand au faisceau de HOCHE (se continuant en bas avec le centre ovale de FLECHSIG et avec le triangle de GOMBAULT et PHILIPPE), il représente un long système de fibres commissurales longitudinales d'origine endogène.

Nous avons ainsi établi l'origine et la terminaison des fibres des faisceaux pyramidaux et des fibres radiculaires ou fibres exogènes des cordons postérieurs. Il nous reste encore à rechercher d'où viennent les fibres endogènes du cordon postérieur, les fibres du faisceau cérébelleux, les fibres du faisceau de GOWERS et celles du faisceau fondamental du cordon antéro-latéral.

Toutes ces fibres ont leurs cellules d'origine dans la substance grise de la moelle elle-même. Nous avons, pour établir ce fait, une preuve positive et une preuve négative.

Preuve négative. Ces fibres ne proviennent pas des nerfs périphériques, puisqu'elles restent intactes après la section de toutes les racines postérieures. Elles ne proviennent pas non plus des parties supérieures de l'axe-cérébro-spinal, puisqu'elles ne subissent pas la dégénérescence après une section transversale de la partie supérieure de la moelle cervicale.

Preuve positive. La destruction de la substance grise de la moelle lombaire, après ligature temporaire de l'aorte abdominale, amène, d'après Singer et Munzer, la dégénérescence d'un grand nombre de fibres dans les cordons antéro-latéraux.

Pour connaître la place occupée, dans la substance grise de la moelle, par les cellules d'origine des fibres du faisceau cérébelleux, des fibres du faisceau de Gowers, des fibres du faisceau fondamental du cordon antéro-latéral et de celles du faisceau fondamental ou zone ventrale du cordon postérieur, nous devons étudier la structure de la substance grise elle-même.

Les éléments nerveux de la substance grise.

On distingue, dans la substance grise de la moelle, la *substance gélatineuse* et la *substance spongieuse*. La première est caractérisée par une transparence spéciale. Elle existe autour du canal central, où elle constitue ce qu'on appelle la *substance grise centrale (substantia grisea centralis)*. On la trouve encore autour de la corne postérieure : elle entoure comme une coiffe ou comme une calotte le sommet de cette corne et porte le nom de *substance gélatineuse de Rolando (substantia gelatinosa)*. Tout le reste de la substance grise est formé de substance spongieuse.

La substance grise de la moelle épinière, comme la substance grise de tout l'axe cérébro-spinal, est formée essentiellement de cellules nerveuses. Entre ces cellules, on trouve un entrelacement inextricable de fines fibrilles nerveuses. Celles-ci ne sont en grande partie que les ramifications collatérales et les ramifications terminales des fibres de la substance blanche.

Nous avons donc à étudier, dans la substance grise de la moelle,

1° les cellules nerveuses,

2° l'origine et le mode de terminaison des ramifications cylindraxiles des fibres de la substance blanche.

A. Les cellules nerveuses de la moelle.

Les cellules nerveuses de la substance grise de la moelle épinière appartiennent toutes au type multipolaire. La forme et le volume de ces cellules sont variables à l'infini, mais toutes possèdent les deux espèces de prolongements qui caractérisent toute cellule des centres nerveux : des prolongements à conduction cellulipète, prolongements protoplasmatiques ou dendrites, et au moins un prolongement à conduction cellulifuge, prolongement cylindraxile ou axone.

Les prolongements protoplasmatiques finissent tous par des ramifications libres, soit entre les éléments cellulaires de la substance grise, soit entre les fibres nerveuses de la substance blanche.



FIG. 241.
Cellule nerveuse à cylindre-axe court ou cellule de GOLGI.

Par la façon dont se comporte le prolongement cylindraxile, ces cellules appartiennent aux deux types découverts par GOLGI : des cellules à cylindre-axe court, appelées encore *cellules de Golgi,* analogues à celle que nous avons représentée dans la FIG. 241 et des cellules à cylindre-axe long. Les cellules de GOLGI n'ont été observées que dans les cornes postérieures. On ignore encore quelle peut être leur signification physiologique.

Les cellules nerveuses à cylindre-axe long existent dans toutes les régions de la substance grise.

Parmi ces cellules, les unes envoient leur prolongement cylindraxile dans les racines des nerfs périphériques : on les appelle pour ce

motif des *cellules radiculaires*, *a* et *b*, FIG. 242. Les autres envoient leur prolongement cylindraxile dans la substance blanche de la moelle elle-même pour y devenir le cylindre-axe d'une fibre nerveuse : ce sont les *cellules des cordons* (Strangzellen).

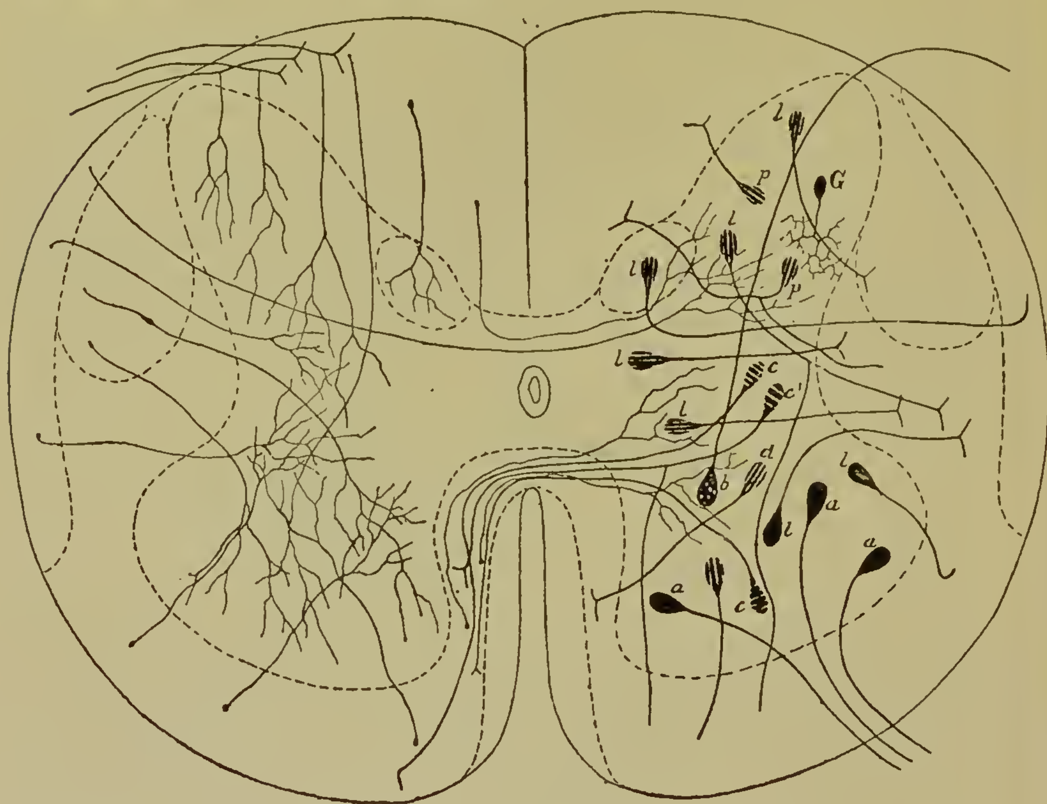


FIG. 242.

Schéma montrant les différents éléments qui entrent dans la structure de la substance grise de la moelle. A gauche, nous avons dessiné les collatérales des fibres de la substance blanche ; à droite, les différentes cellules nerveuses de la substance grise. (Imité de v. LENHOSSEK).

a : Cellules radiculaires antérieures.
b : Cellules radiculaires postérieures.
c, c', d, l et p : Cellules des cordons.
c : Cellules commissurales ou cellules des cordons hétéromères.
c' : Cellules des cordons hécatéromères.
d, l et *p* : Cellules des cordons proprement dites ou cellules des cordons tautomères ; *d*, pour le cordon antérieur ; *l*, pour le cordon latéral et, *p*, pour le cordon postérieur.
G : Cellule à cylindre-axe court ou cellule de GOLGI.

Les cellules des cordons se rangent en trois groupes.

Les unes envoient leur prolongement cylindraxile dans la substance blanche de la moitié correspondante de la moelle ; se sont

les *cellules des cordons proprement dites*, FIG. 242, *d*, *l* et *p*. Nous les avons appelées, pour éviter toute confusion, cellules des cordons *tautomères* (1), c'est-à-dire des éléments nerveux dont le prolongement cylindraxile se rend dans les cordons du *même côté* de la moelle.

D'autres cellules de la substance grise de la moelle envoient leur prolongement cylindraxile, par la commissure antérieure, dans la substance blanche du cordon antéro-latéral du côté opposé, FIG. 242 *c*. CAJAL les a appelées *cellules commissurales*.

Cette expression prête à confusion, puisque le prolongement cylindraxile d'un grand nombre de cellules des cordons, qu'il traverse ou qu'il ne traverse pas la commissure, va devenir une fibre constitutive du faisceau fondamental soit du cordon antéro-latéral, soit du cordon postérieur. Les fibres de ces faisceaux constituent des voies courtes. Or, depuis longtemps déjà, BOUCHARD a appelé ces fibres courtes des *fibres commissurales longitudinales*. Ces fibres commissurales représentent donc non pas seulement les prolongements cylindraxiles des *cellules commissurales* de CAJAL, mais encore ceux de la plupart des cellules des cordons.

Pour éviter toute confusion, nous appelons *cellules des cordons hétéromères* (2), les éléments nerveux de la moelle dont le prolongement cylindraxile se rend dans les cordons de l'*autre côté* de la moelle.

Enfin, le prolongement cylindraxile de certaines cellules nerveuses se bifurque dans la substance grise elle-même. Les deux branches de bifurcation peuvent se rendre dans la substance blanche de la moitié correspondante de la moelle ; elles appartiennent alors à une cellule des cordons tautomères. Les deux branches de bifurcation peuvent traverser la commissure ; elles appartiennent dans ce cas à une cellule des cordons hétéromères. Mais il arrive souvent que de ces deux branches, l'une se rend dans la substance blanche de la moitié correspondante de la moelle, tandis que l'autre traverse la commissure antérieure pour devenir fibre constitutive du cordon antéro-latéral du côté opposé. Nous avons appellé ces cellules nerveuses des *cellules des cordons hécatéromères* (3), c'est-à-dire des éléments nerveux dont le prolongement cylindraxile se dirige à la fois dans les cordons de l'*un et de l'autre côté* de la moelle.

(1) το αυτό μέρος, le même côté.
(2) ετερον μέρος, l'autre côté.
(3) εκὰτερον μέρος, l'un et l'autre côté.

Nous devons ces expressions à l'extrême obligeance de notre savant collègue et helléniste distingué Mgr DE GROUTARS.

Les cellules nerveuses à cylindre-axe long comprennent donc les groupes suivants :

I. Les cellules radiculaires.
II. Les cellules des cordons formant trois groupes :

1° Les cellules des cordons tautomères,
2° Les cellules des cordons hétéromères et
3° Les cellules des cordons hécatéromères.

Littérature.

1. Singer et Munger : *Beiträge zur Anatomie des Centralnervensystems insbesondere des Rückenmarkes.* Abhandl. d. Wiener Akademie. Bd. 57, 1890. — 2. Mott : *Experimental inquiry upon the afferent tracts of the central nervous system of the monkey.* Brain, 1895. (Neurolog. Centralbl., 1898, pp. 552-554). — 3. Margulies : *Experimentelle Untersuchungen über den Aufbau der Hinterstränge beim Affen.* Monatsschrift für Psych. und Neurologie, 1897. — 4. Lœwenthal : *Neuer experimentell-anatomischer Beitrag zur Kenntniss einiger Bahnen im Gehirn und Rückenmark.* Internat. Monatsschrift f. Anat, und Phys., Bd. X, 1893. — 5. Oddi et Rossi : *Sur les dégénérescences consécutives à la section des racines postérieures. Contribution à l'étude des voies sensitives dans la moelle épinière.* Archives italiennes de Biologie, t. XIII, 1890. — 6. Pfeiffer : *Zwei Fälle von Lähmung der unteren Wurzeln des Plexus brachialis.* Deutsche Zeitschr. f. Nervenheilkunde, 1891. — 7. Gombault : Bull. de la Soc. Anatomique, 1891, p. 622. — 8. Redlich : *Die hinteren Wurzeln des Rückenmarkes und die pathologische Anatomie der Tabes dorsalis.* Arbeiten ans dem Institut für Anat. und Phys. des Centrallnervensystems, Wien 1892. — 9. Sottas : *Contribution à l'étude des dégénérescences de la moelle consécutives aux lésions des racines postérieures.* Revue de Médecine, 1893. — 10. Mayer : *Zur pathologische Anatomie der Rückenmarkshintersträngen.* Jahrbücher f. Psychiatrie, 1894. — 11. Nageotte : *Etude sur un cas de tabes uniradiculaire chez un paralytique général.* Revue Neurolog., 1895. — 12. Souques : Soc. de Biologie, 1895. — 13. Margulies : *Zur Lehre vom Verlauf der hinteren Wurzeln beim Menschen.* Neurolog. Centralbl., 1896. — 14. Dejerine et Thomas : *Contribution à l'étude du trajet intra-médullaire des racines postérieures dans la région cervicale et dorsale supérieure de la moelle épinière.* Comptes-rendus de la Soc. de Biologie, 1896. — 15. Russell : *Contribution to the study of some of the afferent and afferent tracts in the spinal cord.* Brain, 1898, pp. 145-179. — 16. Schaffer : *Ueber Faserverlauf einzelner Lumbal-und Sacralwurzeln im Hinterstrang.* Monatsschrift fur Psychiatrie und Neurologie, 1899. — 17. Marinesco : *Contribution á l'étude du trajet des racines postérieures dans la moelle.* La Roumanie médicale, 1899. — 18. Ehrlich et Brieger : *Ueber die Ausschaltung des Lendenmarkgrau.* Zeitschr. f. Klin. Medicin, 1884. Suppl.

Bd. — 19. MUNZER et WIENER : *Ueber die Ausschaltung des Lendenmarkgrau.* Archiv f. exp. Pathologie, 1895. Bd. 35. — 20. SARBO : *Ueber die Rückenmarksveränderungen nach zeitweiliger Verschliessung der Bauchaorta.* Neurol. Centralbl., 1895, pp. 664-671. — 21. ROTHMANN : *Ueber secundäre Degeneration nach Ausschaltung des Sacral- und Lendenmarkgrau durch Rückenmarksembolie beim Hunde.* Archiv f. Anat. und Phys. : Phys. Abth., 1899, pp. 120-156. — 22. DÉJERINE et SOTTAS : *Sur la distribution des fibres endogènes dans le cordon postérieur de la moelle et sur la constitution du cordon de Goll.* Comptes-rendus de la Soc. de Biologie, 15 Juin 1896. — 23. P. MARIE : *Leçons sur les maladies de la moelle.* Paris, 1892. — 24. DÉJERINE et SPILLER : *Contribution à l'étude de la texture des cordons postérieurs de la moelle épinière.* Soc. de Biologie, 27 juillet 1895. — 24'. SIEMERLING : *Zur Lehre der spinalen neuritischen Muskelatrophie.* Arch. f. Psychiatrie, 1898. — 25. BENVENUTO : *Contributo allo studio clinico e anatomo-patologico del midollo spinale.* Rivista di patologia nervosa e mentale, 1897, p. 463. — 25. FLECHSIG : *Ist die Tabes dorsalis eine « Systemerkrankung »?* Neurolog. Centralbl., 1890. — 26. BASTIAN : Med. Chir. Transactions, 1867. — 27. KAHLER et PICK : *Weitere Beiträge zur Pathologie und pathologischen Anatomie des Centralnervensystems.* Archiv f. Psych. und Nervenkr., Bd. X, 1880. — 28. STRUMPELL : *Beiträge zur Pathologie des Rückenmarks.* Archiv f. Psychiatrie, 1880. — 29. WESTPHAL : *Ueber eine Combination von secundärer, durch Compression bedingten Degeneration des Rückenmarks mit multiplen Degenerationsherden.* Archiv f. Psychiatrie, 1880. — 30. SCHULTZE : *Beiträge zur Lehre von der secundären Degenerationem im Rückenmarke des Menschen nebst Bemerkungen über die Anatomie des Tabes.* Archiv f. Psychiatrie und Nervenkrankheiten, 1883. — 31. GOMBAULT et PHILIPPE : *État actuel de nos connaissances sur la systématisation des cordons postérieurs de la moelle épinière.* La Semaine médicale, 17 avril 1894. — 32. BARBACCI : *Contributo anatomico e sperimentale allo studio della degenerazioni secondarie del midollo spinale col metodo di Marchi e Algeri.* Lo sperimentale giornale medico. 1891. — 33. HOCHE : *Ueber Verlauf und Endigungsweise der Fasern des « ovalen Hinterstrangfeldes » im Lendenmark.* Neurolog. Centralbl., 1896, pp. 154-156. — *Ueber secundäre Degeneration, speciell des Gowerschen Bündels, nebst Bemerkungen über das Verhalten der Reflexe bei Compression des Rückenmarkes.* Archiv f. Psychiatrie und Nervenkr., 1896. — 34. BISCHOFF : *Compressionsmyelitis des oberen Brustmarkes.* Wiener Klin. Wochenschrift, 1896. — 35. FLATAU : Zeitschrift für Klin. Medicin, 1897. — 36. ZAPPERT : *Beiträge zur absteigende Hinterstrangsdegeneration,* Neurolog. Centralbl., 1898, pp. 102-107. — 37. QUESNEL : Neurolog. Centralbl., 1898. — 38. DEJERINE et THEOHARI : *Contribution à l'étude des fibres à trajet descendant dans les cordons postérieurs de la moelle épinière.* Journal de physiologie et de pathologie générale, 1899. — 39. BRUCE et MUIR : *On a descending degeneration in the posterior columns in the lombosacral region of the spinal cord.* Brain, 1896. — 40. TOOTH : *The Gulstonian lectures on secondary degeneration of the spinal cord.* London, 1889. — 41. MARIE : *Leçons sur les maladies de la moelle épinière.* Paris 1892. — *De l'origine exogène ou endogène des lésions du cordon postérieur étudiées comparativement dans le tabes et dans la pellagra.* La Semaine médicale, 1894. — 42. DUFOUR : *Quelques considérations sur le groupement des fibres endogènes dans les cordons postérieurs de la moelle, à propos d'un cas de compression des nerfs de la queue de cheval.* Comptes rendus de la Soc. de Biologie, 2 mai 1896. — 43. PHILIPPE : *Contribution à l'étude anatomique et clinique du tabes dorsalis.* Thèse. Paris, 1897. — 44. DAXENBERGER : *Ueber einer Fall von chronischer Compression des Halsmarks mit besonderer*

Berücksichtigung der secundären absteigenden Degeneration. Deutsche Zeitschr. f. Nervenheilkunde. 1893. — 45. Worotynski : *Zur Lehre von den sekundären Degenerationen im Rückenmarke.* Neurolog. Centralbl., 1897. — 46. Wallenberg : *Beitrage zur Topographie der Hinterstränge des Menschen.* Deutsche Zeitschrift f. Nevenheilkunde. Bd. 13, 1898. — 47. Muller : *Untersuchungen über die Anatomie und Pathologie des untersten Rückenmarkabschnittes.* Deutsche Zeitschr. f. Nervenheilkunde, 1898.

DIX-NEUVIÈME LEÇON

La structure interne de la moelle épinière.

(Suite).

**Cellules radiculaires et cellules des cordons.
Origine des fibres du faisceau fondamental du cordon antéro-latéral et du cordon postérieur.
Origine des fibres du faisceau cérébelleux et du faisceau de Gowers.
La substance grise centrale et la substance gélatineuse de Rolando.
Origine et terminaison des fibrilles nerveuses de la substance grise.
Les éléments neurogliques de la moelle épinière.**

Les cellules nerveuses de la substance grise de la moelle épinière se divisent donc, avons-nous vu, en *cellules radiculaires* et en *cellules des cordons* suivant que leur prolongement cylindraxile se rend ou dans la racine antérieure d'un nerf périphérique ou dans la substance blanche de la moelle elle-même. Les cellules des cordons se subdivisent elles-mêmes en cellules des cordons tautomères, hétéromères et hécatéromères.

I. Cellules radiculaires. Ce sont des cellules volumineuses occupant la corne antérieure de la substance grise. On les trouve aussi bien dans la partie latérale que dans la partie médiane de cette corne. Leurs prolongements protoplasmatiques longs et volumineux rayonnent dans tous les sens autour de la cellule d'origine. Ceux de ces prolongements qui ont une direction antéro-postérieure se terminent toujours dans la substance grise. Quand la cellule occupe les parties latérales de la corne antérieure, ses prolongements internes se terminent aussi dans la substance grise, tandis que ses prolongements externes pénètrent dans la substance blanche et peuvent s'y poursuive jusque près de la pie-mère enveloppante.

Quand le corps cellulaire occupe les parties internes de la corne

antérieure, les prolongements latéraux externes s'épanouissent dans la substance grise, tandis que ses prolongements latéraux internes passent par la commissure antérieure pour se ramifier et se terminer dans la substance grise de la moitié opposée de la moelle. Ces prolongements internes s'entrecroisent alors, dans la commissure antérieure, avec les prolongements internes des cellules radiculaires du côté opposé de la moelle constituant ainsi une véritable commissure protoplasmatique [CAJAL (1), KÖLLIKER (2) et VAN GEHUCHTEN (3)], FIG. 243 et 244.

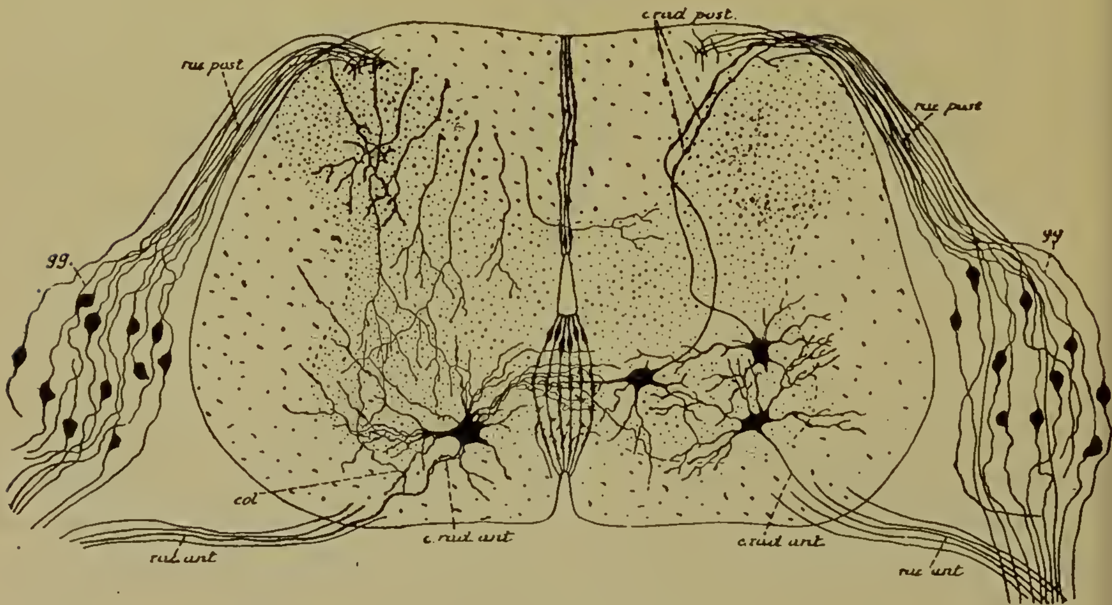


FIG. 243.

Coupe transversale de la moelle embryonnaire du poulet montrant la position des cellules radiculaires.

c. rad. ant. : Cellules radiculaires antérieures.
c. rad. post. : Cellules radiculaires postérieures.
col. : Collatérale du prolongement cylindraxile d'une cellule radiculaire antérieure.

Le prolongement cylindraxile de chacune de ces cellules nerveuses se rend directement dans la racine antérieure du nerf périphérique, où il devient le cylindre-axe d'une fibre motrice. Avant de sortir de la corne antérieure, ce prolongement cylindraxile émet fréquemment une petite branche collatérale qui retourne dans la substance grise, où elle se termine par des ramifications libres [GOLGI (4), CAJAL, v. LENHOSSEK (5) et VAN GEHUCHTEN].

Les cellules radiculaires antérieures sont des cellules motrices.

Les collatérales nées des prolongements cylindraxiles des cellules radiculaires ou *collatérales motrices* semblent exister d'une façon constante chez les oiseaux et les mammifères. Nous les avons observées également dans la moelle épinière de la truite (6). v. LENHOSSEK les a obtenues, en nombre considérable, imprégnées par le chromate d'argent dans la moelle épinière de lapins nouveau-nés. Recherchant la valeur fonctionnelle de ces collatérales, v. LENHOSSEK pense qu'elles ont la conduction *cellulipète* et qu'elles servent à mettre les cellules radiculaires en connexion avec les collatérales longues ou sensitivo-motrices des fibres des cordons postérieurs. S'appuyant sur cette manière de voir, v. LENHOSSEK divise les collatérales qui naissent de l'axone d'une cellule nerveuse en deux groupes : les unes, à conduction



FIG. 244.
Commissure protoplasmatique dans la moelle dorsale d'un enfant né à 7 mois.

cellulipète, naissent de la première portion de l'axone : ce sont les *collatérales de Golgi*, les *axodendrites* de v. LENHOSSEK ; les autres, à conduction cellulifuge, comprennent toutes les autres collatérales émises par les prolongements cylindraxiles : ce sont les *collatérales de Cajal*, les *paraxones de v. Lenhossek*. Nous avons combattu cette manière de voir ; pour nous, les axodendrites de v. LENHOSSEK ont la conduction cellulifuge.

Outre ces cellules radiculaires dont le prolongement cylindraxile devient le cylindre-axe d'une fibre constitutive d'une racine antérieure *(cellules radiculaires antérieures)*, on trouve encore, chez certains vertébrés inférieurs, des cellules analogues dont l'axone devient une fibre constitutive des racines postérieures, FIG. 242. Ce sont les *cellules radiculaires postérieures*. Ces cellules ont été décrites pour la première fois par v. LENHOSSEK (7, 9) et par CAJAL (8) dans la moelle embryonnaire du

poulet au quatrième jour d'incubation. Nous les avons retrouvées sur des moelles de poulet au onzième jour (10). Leur existence a été confirmée encore par RETZIUS (11) et par J. MARTIN (12).

Ces cellules radiculaires postérieures ne pouvant avoir que la conduction centrifuge doivent être considérées comme des cellules motrices.

En excitant les racines postérieures des nerfs spinaux chez la grenouille, STEINACH (13) a observé des contractions locales et des mouvements péristaltiques et antipéristaltiques dans l'intestin. Il a conclu de ses recherches que chaque paire de racines spinales postérieures innerve une certaine partie des parois intestinales. v. LENHOSSEK et MARTIN se sont appuyés sur ce fait pour émettre l'idée que le prolongement cylindraxile de ces cellules radiculaires postérieures pourrait bien se rendre, par les rameaux communiquants, dans les ganglions de la chaîne sympathique et se terminer par des ramifications libres entre les cellules constitutives de ces ganglions. Les résultats de ces recherches expérimentales, contestés par HORTON SMITH (14), ont été maintenus par STEINACH (15) à la suite de nouvelles recherches.

Des cellules radiculaires postérieures ont encore été décrites chez un grand nombre de vertébrés inférieurs et notamment dans le petromyzon. Nous les avons observées également (16) dans la moelle embryonnaire de certains poissons (truite). Mais, ainsi que nous l'avons fait ressortir, ces cellules radiculaires sont complètement différentes de celles qui ont été décrites chez le poulet : chez les vertébrés inférieurs, ces cellules médullaires dont le cylindre-axe se rend dans la racine postérieure doivent être considérées comme des cellules des ganglions cérébro-spinaux. Ce sont généralement des cellules unipolaires ou bipolaires donnant naissance à deux prolongements dont l'un devient une fibre médullaire et l'autre une fibre radiculaire. Chez le poulet, au contraire, ces cellules radiculaires postérieures sont des cellules *multipolaires* pourvues d'un seul prolongement cylindraxile qui pénètre dans la racine postérieure.

Ces cellules radiculaires postérieures semblent faire défaut dans la moelle épinière des mammifères (chien, chat et singe), ainsi que cela résulte des recherches expérimentales de GABRI (17) et de SHERRINGTON (18). Nos recherches personnelles viennent à l'appui de cette manière de voir. Nous avons sectionné, chez un chien, quatre racines postérieures dans le voisinage de la moelle lombaire. Après une survie de quatre semaines nous n'avons trouvé aucune fibre en dégénérescence dans le tronçon radiculaire en connexion avec le ganglion spinal.

II. Cellules des cordons tautomères. Ces cellules des cordons occupent toutes les régions de la substance grise, aussi bien la corne antérieure où elles se trouvent mêlées aux cellules radiculaires, que les cornes postérieures et les régions intermédiaires. Leur caractère principal est que leur prolongement cylindraxile traverse plus ou moins horizontalement la substance grise et pénètre dans la substance blanche du *même côté* de la moelle pour y devenir cylindre-axe d'une fibre constitutive du cordon antérieur, du cordon latéral ou du cordon

postérieur, FIG. 245. Arrivé dans la substance blanche, ce prolongement cylindraxile peut se comporter de différentes façons :

a) il peut se recourber en haut et devenir cylindre-axe d'une fibre ascendante;

b) il peut se recourber en bas et constituer le cylindre-axe d'une fibre descendante;

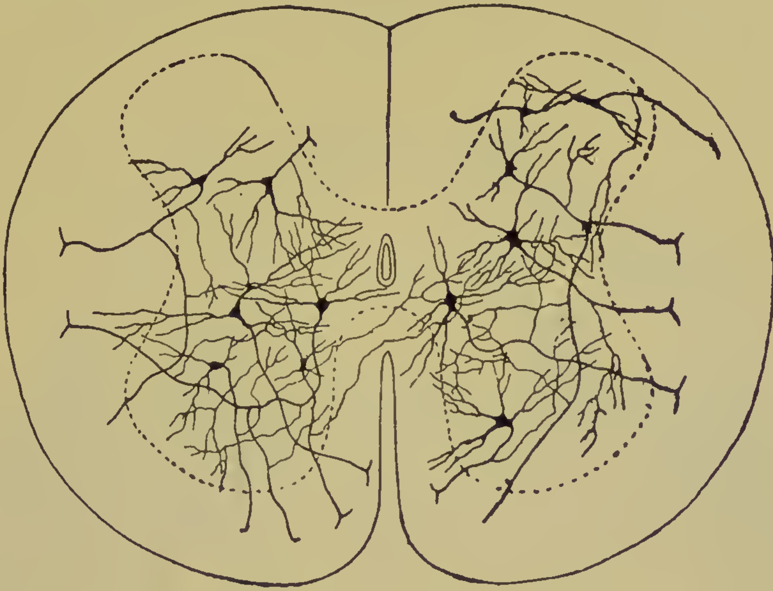


FIG. 245.

Coupe de la moelle indiquant la position des cellules des cordons tautomères.

c) le plus souvent encore, ce prolongement cylindraxile se bifurque devenant à la fois cylindre-axe ascendant et cylindre-axe descendant.

Dans quelques cas, ce prolongement cylindraxile se divise à la fois en trois branches qui toutes vont devenir cylindre-axe de fibres nerveuses soit ascendantes, soit descendantes.

Cette division du prolongement cylindraxile peut se faire dans la substance grise elle-même. Les deux branches qui en proviennent peuvent se rendre dans les cordons de la même moitié de la moelle; ou bien l'un deux se rend directement dans le cordon antérieur, latéral ou postérieur du même côté et l'autre passe par la commissure antérieure pour devenir fibre constitutive dans le cordon antéro-latéral du côté opposé; dans ce cas, l'élément nerveux prend le nom de neurone ou cellule des cordons hécatéromères. Chacun de ces cylindres-axes va devenir, dans la substance blanche, soit une fibre ascendante, soit une fibre descendante, soit à la fois, en se bifurquant, une fibre ascendante et descendante.

III. Cellules commissurales ou cellules des cordons hétéromères. Ces cellules des cordons se trouvent dans toutes les régions de la substance grise ; leur prolongement cylindraxile passe par la commissure antérieure pour se rendre dans le cordon antéro-latéral du côté opposé, FIG. 246 et 247. Ces cellules sont très nombreuses. Ce sont leurs prolongements cylindraxiles, entourés d'une gaine de myéline, qui forment l'élément principal de la commissure blanche de la moelle.

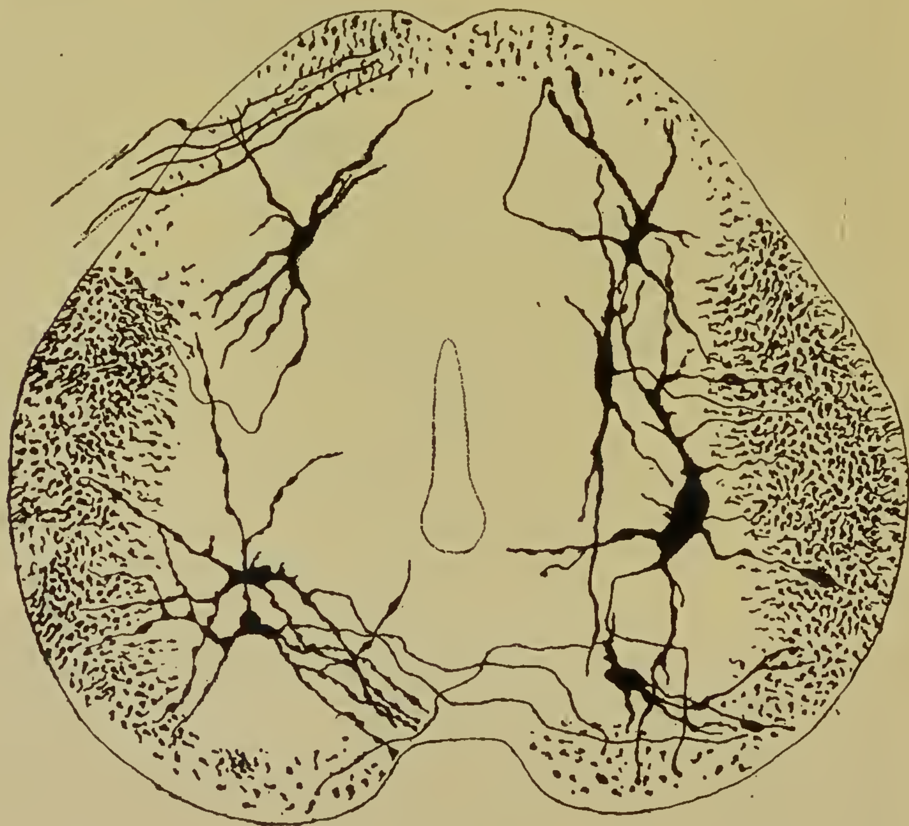


FIG. 246.

Coupe de la moelle embryonnaire d'un poulet de onze jours.

Le prolongement cylindraxile de ces cellules des cordons hétéromères se comporte comme celui des cellules des cordons tautomères. Arrivé dans la substance blanche du cordon antéro-latéral, il peut s'y diviser en deux ou trois branches qui vont devenir cylindres-axes de fibres nerveuses soit ascendantes, soit descendantes. Cette division peut se faire aussi dans la substance grise, soit quand le prolongement cylindraxile a déjà dépassé la commissure, soit quand il se trouve

encore dans la moitié de la moelle où il a sa cellule d'origine. Dans ce dernier cas, les deux branches de bifurcation peuvent traverser la commissure, ou bien l'une se rend dans la substance blanche du même côté et l'autre dans celle du côté opposé. Ces branches appartiennent alors à une cellule des cordons hécatéromères.

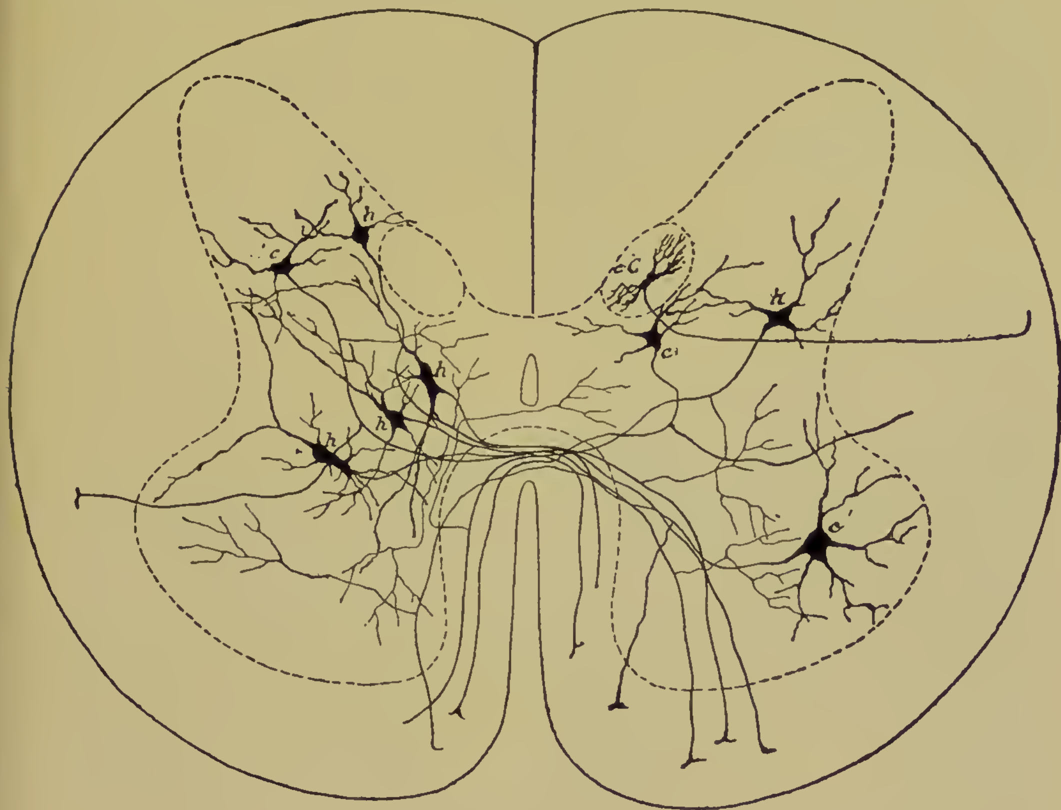


Fig. 247.

Coupe transversale de la moelle montrant la position des cellules commissurales ou cellules des cordons hétéromères.

c : Cellules des cordons hétéromères. | *h* : Cellules des cordons hécatéromères.

IV. Cellules mixtes ou cellules des cordons hécatéromères. Ce sont des cellules des cordons dont le prolongement cylindraxile se divise dans la substance grise de la moelle et dont une branche se rend dans un des cordons du même côté de la moelle, tandis que l'autre branche se rend dans le cordon antéro-latéral du côté opposé.

D'après les recherches de v. Lenhossek, il existerait encore, dans la substance grise de la moelle, des cellules nerveuses dont le prolongement cylindraxile passe par la commissure antérieure pour se terminer, par des ramifications libres, dans la substance grise de la corne antérieure du côté opposé. Jusqu'à présent, ces cellules n'ont été observées que par Golgi et v. Lenhossek ; celui-ci les désigne sous le nom de *cellules commissurales de Golgi*.

Un caractère constant du prolongement cylindraxile des cellules des cordons, c'est, avant de se recourber dans la substance blanche, d'émettre sur son trajet des branches collatérales qui se ramifient et se terminent librement dans la substance grise voisine.

Ce sont les cellules des cordons qui constituent l'origine des fibres nerveuses du faisceau fondamental du cordon antéro-latéral, du faisceau fondamental du cordon postérieur, du faisceau cérébelleux du cordon latéral et du faisceau de GOWERS. Nous allons voir, pour chacun de ces faisceaux, la place occupée dans la substance grise de la moelle par les cellules d'origine de leurs fibres constitutives.

Origine des fibres du faisceau fondamental du cordon antéro-latéral.

Les cellules d'origine des fibres constitutives de ce faisceau se trouvent dans toutes les régions de la substance grise, dans la corne antérieure, dans la corne postérieure et dans la région intermédiaire, et cela non seulement dans la substance grise de la moitié correspondante de la moelle, mais aussi dans celle de la moitié opposée. Les fibres de ce faisceau proviennent donc aussi bien de cellules des cordons tautomères, FIG. 248, que de cellules commissurales ou cellules des cordons hétéromères, ainsi que de cellules des cordons hécatéromères.



FIG. 248.

Coupe longitudinale du cordon latéral de la moelle.

c : Cellules nerveuses dont le prolongement cylindraxile se rend dans la substance blanche du cordon latéral et s'y bifurque en une branche ascendante et une branche descendante (cellules des cordons tautomères).

On ne peut faire une coupe transversale de la moelle épinière à n'importe quel niveau sans rencontrer, dans la substance grise, un grand nombre de cellules des cordons envoyant leur prolongement cylindraxile dans le faisceau fondamental. En montant dans la moelle épinière, ce faisceau devrait donc augmenter de volume, puisqu'il

acquiert continuellement de nouvelles fibres nerveuses. Cependant en comparant une coupe de la moelle cervicale à une coupe du renflement lombaire, on ne trouve pas de différence très sensible dans le volume du faisceau fondamental. Ce fait s'explique facilement. Les fibres de ce faisceau ne sont pas des voies longues, mais des voies courtes. Chacune d'entre elles ne reste dans le faisceau que sur une petite étendue de la moelle, puis quitte la substance blanche pour rentrer dans la substance grise. Il s'ensuit qu'au fur et à mesure que de nouvelles fibres nerveuses arrivent de la substance grise dans le faisceau fondamental, d'autres fibres quittent ce faisceau pour se terminer dans la substance grise.

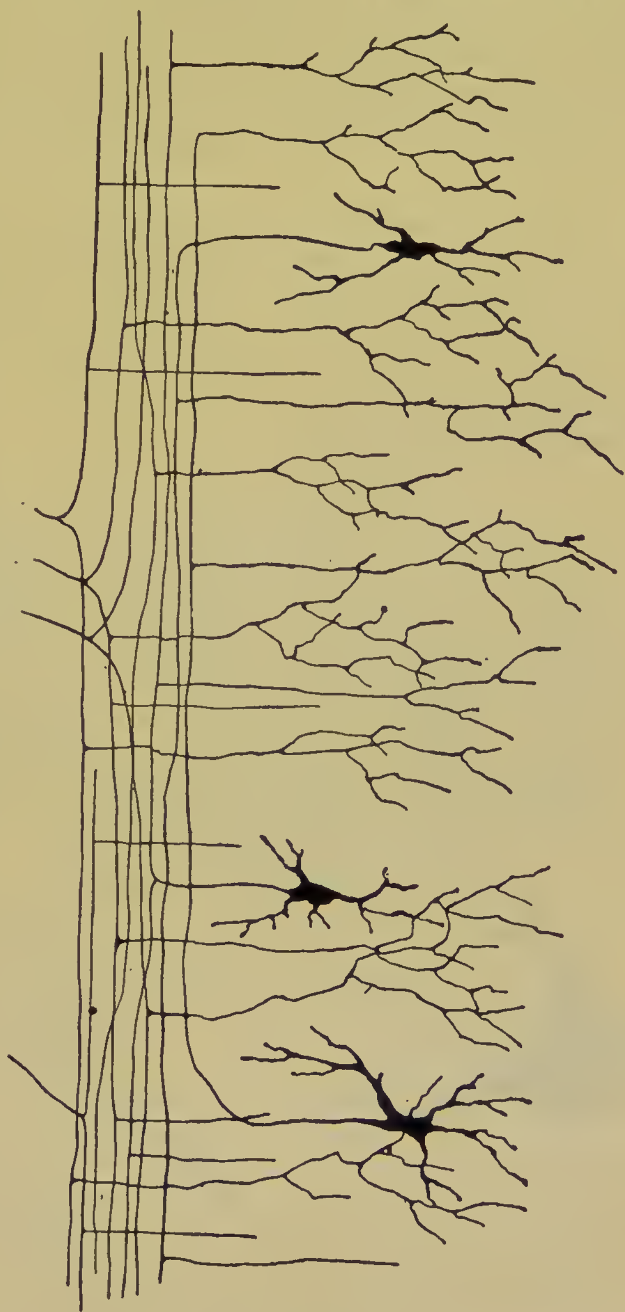


FIG. 249.

Coupe longitudinale du cordon postérieur montrant l'entrée dans ce cordon de quelques fibres des racines postérieures, et quelques cellules nerveuses dont le prolongement cylindraxile devient fibre constitutive de ce cordon (d'après CAJAL).

Origine des fibres du faisceau fondamental du cordon postérieur.

Nous avons vu que ces fibres existent probablement éparpillées dans le cordon postérieur, tout en formant un petit faisceau compact au sommet de ce cordon contre la commissure grise. C'est ce faisceau que l'on désigne souvent sous le nom de *zone ventrale du cor-*

don postérieur ou *faisceau des fibres cornu-commissurales*. Les fibres de ce faisceau proviennent de cellules nerveuses situées dans la corne postérieure de la substance grise et dans la substance gélatineuse de ROLANDO (CAJAL et V. LENHOSSEK). Arrivées dans le cordon postérieur, elles se bifurquent en une branche ascendante et une branche descendante, lesquelles, après un trajet de longueur variable, se recourbent dans la substance grise, FIG. 249.

Ces cellules semblent s'imprégner difficillement par le chromate d'argent dans la moelle épinière des mammifères. Nous les avons rencontrées, en nombre considérable, dans presque toutes les coupes de la moelle épinière de la couleuvre (19).

D'après les recherches de V. LENHOSSEK, les fibres endogènes des cordons postérieurs n'existeraient, dans la moelle épinière de l'homme, que dans le faisceau de Burdach. DEJERINE et SOTTAS sont arrivés à la même conclusion à la suite de leurs recherches pathologiques.

Origine des fibres du faisceau cérébelleux.

Les fibres du faisceau cérébelleux ont leurs cellules d'origine dans la *colonne de Clarke*, appelée encore *noyau dorsal de Stilling*. Vous vous rappelez que l'on donne ce nom à un groupe de cellules nerveuses



FIG. 250.

Cellules nerveuses de la colonne de CLARKE. (Moelle d'un enfant de 7 ans).

assez nettement circonscrit, situé sur la face interne de la corne postérieure près de la commisure grise depuis le septième ou le huitième nerf cervical jusqu'au niveau du premier ou deuxième nerf

lombaire. Ce noyau dorsal ne forme cependant pas une colonne cellulaire continue. Examiné sur des coupes longitudinales, on le voit constitué d'amas cellulaires superposés séparés les uns des autres par des parties complètement dépourvues de cellules [VAN GEHUCHTEN (20)]. D'après les observations concordantes de CAJAL et de v. LENHOSSEK, les cellules du noyau dorsal sont excessivement riches en prolongements protoplasmatiques rayonnant tout autour de la cellule d'origine, FIG. 250. Outre ces cellules nerveuses, on trouve, dans la colonne de CLARKE, un entrelacement inextricable de fines fibrilles nerveuses, entrelacement qui est constitué par les ramifications terminales de nombreuses collatérales nées des fibres du cordon postérieur, FIG. 251.

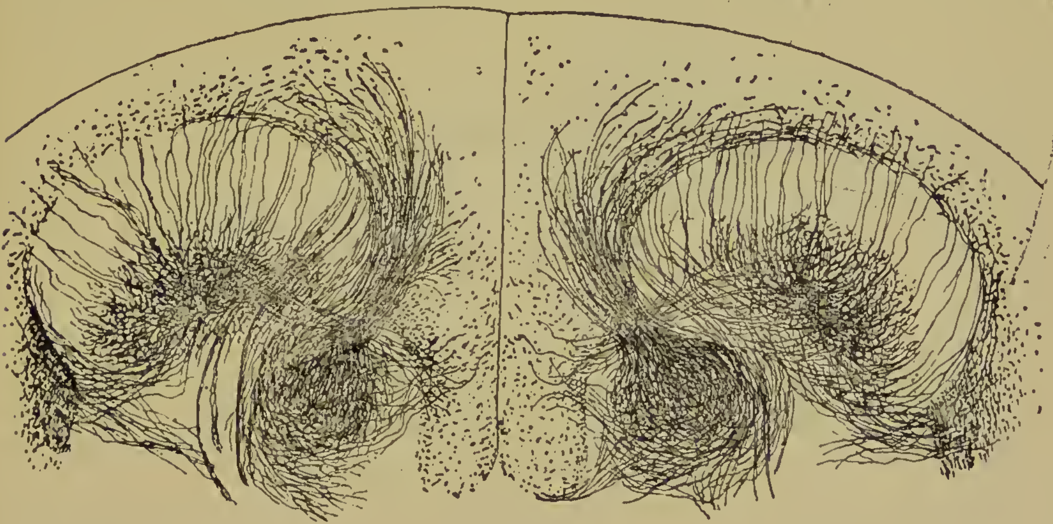


FIG. 251.

Collatérales des fibres du cordon postérieur daus la moelle épinière d'un enfant né á 7 mois.

Cette colonne de CLARKE, étudiée par la méthode de NISSL, se trouve formée de deux espèces de cellules nerveuses : des cellules volumineuses riches en substance chromophile et des cellules beaucoup plus petites dont le protoplasme ne renferme que quelques petites granulations chromophiles. Les premières seules subissent le phénomène de chromolyse à la suite de la lésion des fibres du faisceau cérébelleux [VAN GEHUCHTEN (20), SANO (21)], elles doivent donc être considérées comme étant seules aussi les cellules d'origine de ces fibres médullaires. Le prolongement cylindraxile de ces cellules volumineuses de la colonne de CLARKE se dirige un peu en avant, puis se recourbe transversalement en dehors traversant la substance

grise et la partie interne de la substance blanche. Arrivé à la périphérie du cordon latéral, dans le faisceau cérébelleux, ce prolongement se recourbe en haut pour devenir une fibre constitutive de ce faisceau, FIG. 252.

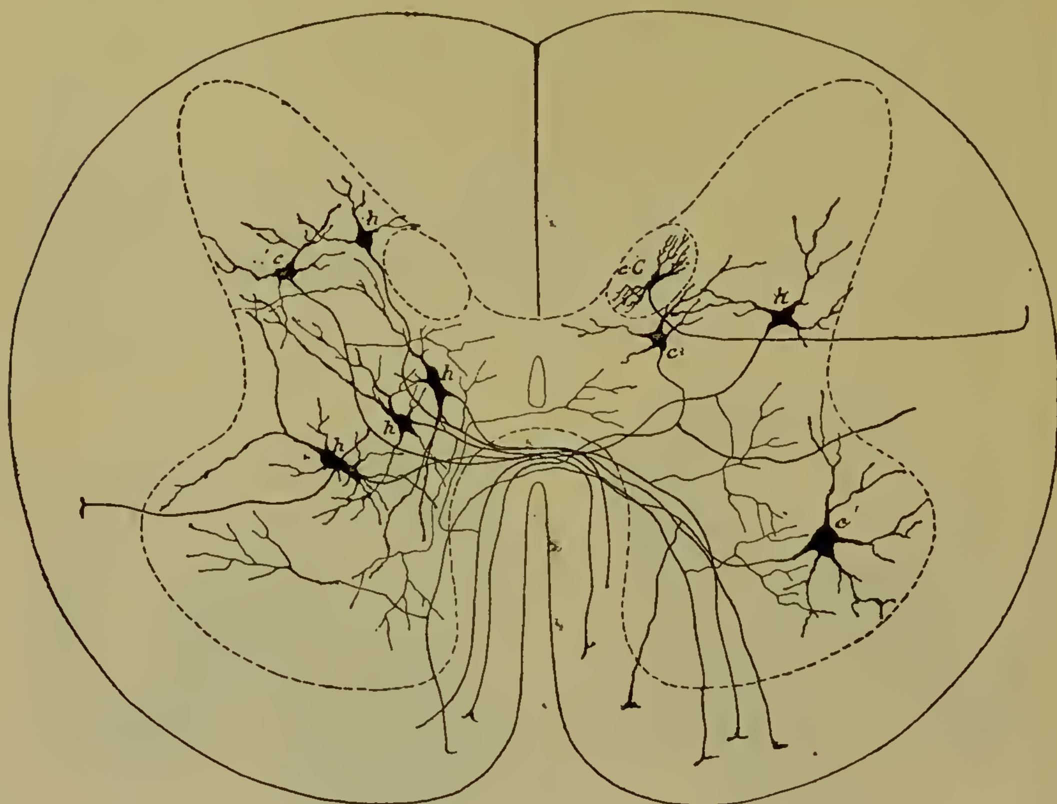


FIG. 252.

Coupe transversale de la moelle montrant la position des cellules commissurales ou cellules des cordons hétéromères.

c : Cellules des cordons hétéromères. | *h* : Cellules des cordons hécatéromères.

Nous savons, depuis STILLING, que des cellules nerveuses analogues à celles des colonnes de CLARKE existent isolées dans la moelle lombaire et dans la moelle cervicale. Leur prolongement cylindraxile se rend aussi dans le faisceau cérébelleux.

Ce faisceau augmente de volume de bas en haut, parce que les fibres qui le constituent sont des voies longues, et que, au fur et à mesure que ce faisceau remonte le long de la moelle, de nouvelles fibres viennent constamment le renforcer.

Origine des fibres du faisceau de Gowers.

Le faisceau de GOWERS ou faisceau antéro-latéral superficiel est un faisceau de fibres nerveuses qui existe dans la partie périphérique

du cordon latéral, au-devant du faisceau cérébelleux et du faisceau pyramidal croisé. Ses fibres constitutives, une fois sectionnées, présentent la dégénérescence secondaire ascendante. Elles appartiennent à la voie sensitive centrale. Les fibres de ce faisceau ont probablement leurs cellules d'origine dans la substance grise des cornes postérieures; ces cellules sont, en majeure partie, des cellules commissurales ou cellules des cordons hétéromères, en petite partie aussi, des cellules des cordons proprement dites ou cellules des cordons tautomères.

La place occupée par les cellules d'origine de ces fibres n'est pas encore nettement établie. Nous avons cru pouvoir combler cette lacune en recherchant le phénomène de chromolyse dans les cellules de la partie inférieure de la moelle sur des lapins ayant survécu 10 à 12 jours à une hémisection de la moelle cervicale. Nos recherches ne nous ont pas donné de résultats positifs.

Le faisceau de GOWERS augmente de volume de bas en haut, parce que ses fibres constitutives sont des fibres longues et qu'au fur et à mesure que ce faisceau monte dans la moelle, de nouvelles fibres nerveuses viennent constamment le renforcer.

La substance grise centrale.

Nous avons dit que la substance grise qui entoure le canal central se distingue de la substance grise voisine par une transparence spéciale et par un aspect granuleux caractéristique. On lui a donné de tout temps le nom de substance gélatineuse centrale. Les recherches entreprises avec la méthode de GOLGI ont montré qu'il n'existe à ce niveau que de rares cellules nerveuses. Cette partie de la substance grise de la moelle est, au contraire, excessivement riche en cellules de neuroglie; elle est de plus traversée en tous sens par le prolongement périphérique des cellules épendymaires, FIG. 253.

La substance gélatineuse de Rolando.

En décrivant les coupes transversales de la moelle épinière, nous avons vu que l'on donne ce nom à une zone de substance grise spéciale entourant comme une coiffe la corne postérieure et séparée de la périphérie de la moelle par une mince zone de substance blanche : *la zone marginale de Lissauer*. On a signalé depuis longtemps, dans cette substance de ROLANDO, de nombreux éléments cellulaires, que les uns considéraient comme de nature nerveuse, tandis que les autres

leur attribuaient une nature conjonctive. La méthode de GOLGI a montré que, de toutes les parties de la substance grise de la moelle, la substance de ROLANDO est la plus riche en cellules nerveuses. C'est là que l'on trouve les cellules nerveuses à cylindre-axe court ou

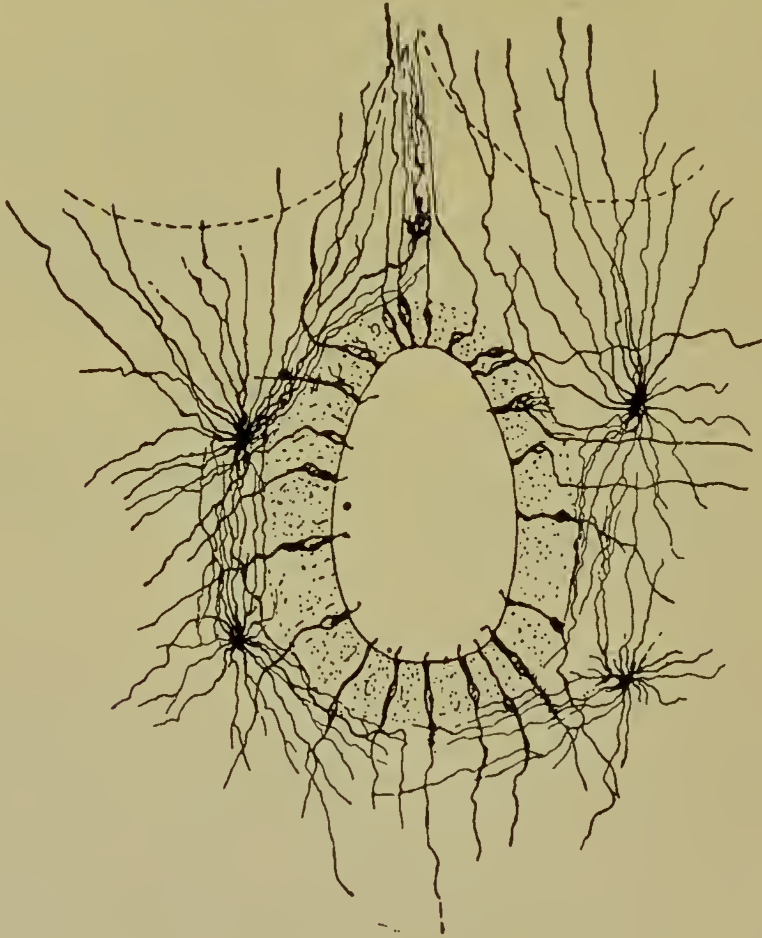


FIG. 253.

Structure de la substance gélatineuse dans la moelle d'un embryon humain (d'après V. LENHOSSEK).

cellules de GOLGI et des cellules nerveuses à cylindre-axe long, véritables cellules des cordons, dont le prolongement cylindraxile se rend dans le cordon postérieur ou dans le cordon latéral.

B. Origine et mode de terminaison des ramifications cylindraxiles des fibres de la substance grise.

Outre les cellules nerveuses que nous venons de décrire, on trouve encore, dans la substance grise de la moelle, un entrelacement inextricable de fines fibrilles nerveuses. Celles-ci représentent les ramifications cylindraxiles des fibres de la substance blanche.

Quand on examine au microscope une coupe longitudinale d'une moelle épinière traitée par la méthode de GOLGI, on constate que tous les prolongements cylindraxiles qui constituent la substance blanche émettent, à des distances variables, des branches collatérales. Celles-ci se dirigent horizontalement dans la substance grise, s'y divisent et s'y subdivisent pour s'y terminer par des branches libres et indépendantes, FIG. 254. Découvertes par GOLGI, ces *collatérales* ont été étudiées depuis par CAJAL, V. KÖLLIKER, nous-même, V. LENHOSSEK, CL. SALA. etc. Aucune fibre de la substance blanche ne s'en trouve dépourvue. On les étudie le mieux sur des coupes transversales. Quand la réduction par le chromate d'argent a été quelque peu complète, on voit ces collatérales rayonner dans la substance grise de tous les points de la substance blanche, FIG. 255 et 256. Ces fines fibrilles nerveuses entremêlées forment, dans la substance grise, un plexus tellement compact qu'il est impossible d'y poursuivre le sort définitif de ces branches collatérales. Quand on étudie, au contraire, ces collatérales sur des coupes où la réduction est moins complète ou sur des moelles embryonnaires où elles n'ont pas encore atteint tout leur développement, on peut constater, avec la plus grande évidence, que chacune de ces branches collatérales se termine librement dans la substance grise sans s'anastomoser avec les branches voisines.

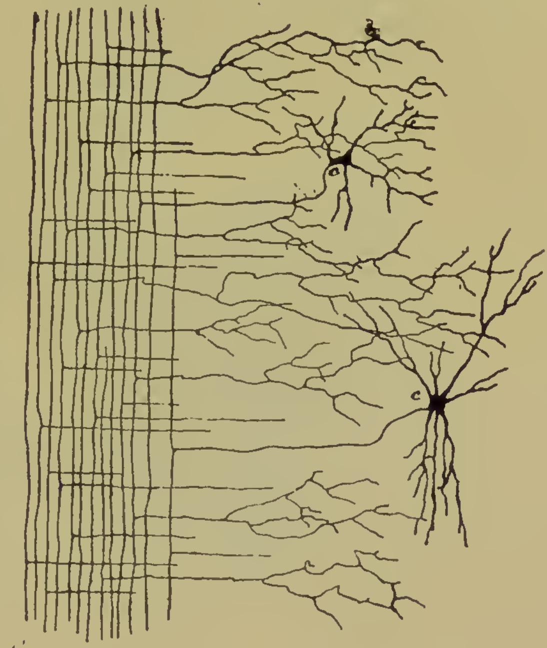


FIG. 254.

Coupe longitudinale du cordon latéral de la moelle.

c : Cellules nerveuses dont le prolongement cylindraxile se rend dans la substance blanche du cordon latéral et s'y bifurque en une branche ascendante et une branche descendante (cellules des cordons tautomères).

Les collatérales des fibres du cordon antérieur s'épanouissent dans la corne antérieure du même côté ; un certain nombre cependant de ces collatérales passent par la commissure antérieure pour se terminer dans la substance grise de la corne antérieure du côté opposé.

Les collatérales des fibres du cordon latéral se rendent dans toutes régions de la substance grise de la moitié correspondante de la moelle; quelques-unes passent par la commissure postérieure pour se terminer dans la substance grise du côté opposé.

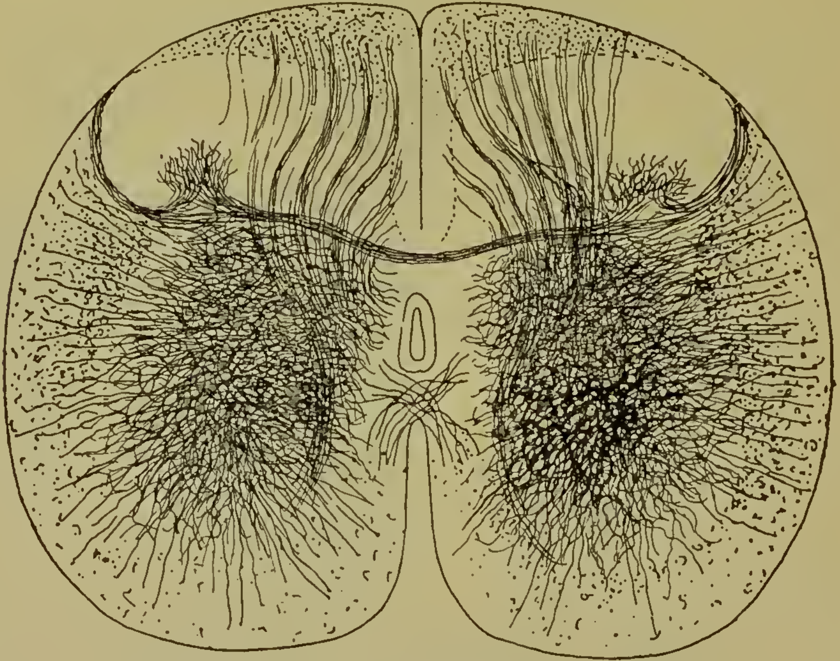


FIG. 255.

Coupe transversale de la moelle lombaire d'un chat de deux jours montrant l'entrelacement des fibrilles nerveuses dans la substance grise.

Les collatérales des fibres du cordon postérieur se terminent dans la substance gélatineuse de ROLANDO, ou dans la corne postérieure. Le long de la moelle dorsale, on en voit un grand nombre s'épanouir dans les colonnes de CLARKE. Les collatérales les plus longues de ce cordon traversent toute l'épaisseur de la substance grise pour se terminer dans la corne antérieure. Elles forment le faisceau des collatérales sensitivo-motrices de CAJAL, les collatérales pour les mouvements réflexes (Reflex-collateralen) de KÖLLIKER.

Un certain nombre des collatérales du cordon postérieur passent par la commissure postérieure pour se terminer dans la substance grise du côté opposé de la moelle.

Ces collatérales des cordons postérieurs ne se terminent pas seulement dans la substance grise, elles peuvent aussi envahir la substance blanche. Dans la moelle embryonnaire de poulet, nous avons pu poursuivre les ramifications terminales de ces branches

collatérales à travers la substance blanche du cordon antéro-latéral jusqu'à la périphérie de la moelle. Ce fait a son importance. Nous avons vu, en effet, que les cellules radiculaires et les cellules des cordons envoyaient souvent leurs prolongements protoplasmatiques très loin entre les fibres de la substance blanche du cordon antéro-

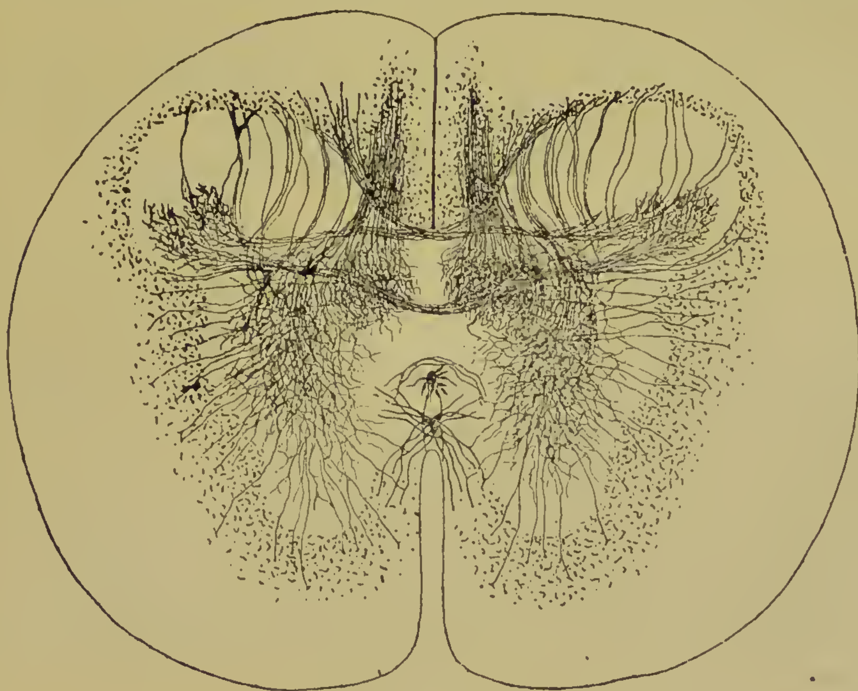


FIG. 256.

Coupe transversale de la moelle dorsale d'un embryon de vache.

latéral. KÖLLIKER a considéré même ce fait comme un des arguments les plus importants plaidant en faveur de l'opinion de GOLGI, à savoir que les prolongements protoplasmatiques ne constitueraient qu'un appareil de nutrition, puisque entre les fibres de la substance blanche de la moelle, ces prolongements ne pourraient venir en contact avec des ramifications cylindraxiles. Cet argument tombe devant ce fait que les collatérales des fibres du cordon postérieur s'étendent jusque dans la substance blanche du cordon antéro-latéral.

Jusqu'ici nous n'avons parlé que des branches *collatérales*. Il ne faut pas oublier cependant qu'un grand nombre de ces branches dites *collatérales* sont de véritables branches *terminales*. En étudiant l'origine des fibres de la substance blanche, nous avons vu que les faisceaux pyramidaux diminuent de volume de haut en bas, parce que,

en descendant le long de la moelle, ils abandonnent à chaque instant des fibres nerveuses, qui se recourbent à angle droit sur elles-mêmes, pénètrent horizontalement dans la substance grise et s'y comportent comme de véritables branches collatérales. Le même fait se reproduit pour toutes les fibres du faisceau fondamental du cordon antéro-latéral et du faisceau fondamental du cordon postérieur, pour toutes les branches descendantes des fibres provenant des racines postérieures et pour un grand nombre de leurs branches ascendantes. Il nous est difficile de distinguer sur une coupe transversale de la moelle les branches terminales des véritables collatérales.

Cet entrelacement produit par les ramifications cylindraxiles des fibres de la substance blanche devient plus complexe encore par les branches collatérales qu'émet quelquefois le prolongement cylindraxile des cellules radiculaires antérieures, par les collatérales qui proviennent du prolongement cylindraxile des cellules des cordons pendant qu'il traverse la substance grise, par les divisions et les subdivisions du prolongement cylindraxile des cellules nerveuses à cylindre-axe court ou cellules de GOLGI, par les ramifications des prolongements protoplasmatiques de toutes les cellules nerveuses, par les prolongements longs et grêles des cellules de neuroglie et par les branches périphériques des cellules épendymaires. Toutes ces ramifications entremêlées forment, au sein de la substance grise, un plexus serré et compact, dans lequel sont englobés les corps des cellules nerveuses et des cellules de neuroglie. Enfin cette structure de la substance grise de la moelle est rendue plus connexe encore par les artérioles et les capillaires qui forment un réseau à mailles très serrées dans toute l'étendue de la substance grise.

Littérature.

1. CAJAL : *Contribucion al estudio de la structura de la medula spinal.* Revista trimestrial de histologia, 1889. — *Nuevas observaciones sobre la estructura de la medulla espinal de los mamiferos.* Barcelone, 1890. — 2. KÖLLIKER : *Zur feineren Anatomie des centralen Nervensystems.* Zweiter Beitrag : *Das Rückenmark.* Zeitschr. f. wiss. Zool. 1890. — 3. VAN GEHUCHTEN : *La structure des centres nerveux: La moelle épinière et le cervelet.* La Cellule, 1891. — 4. C. GOLGI : *Recherches sur l'histologie des centres nerveux.* Archives italiennes de Biologie, 1883. — 5. v. LENHOSSEK : *Der feinere Bau des Nervensystems im*

Lichte neuester Forschungen. Berlin, 1895. — 6. Van Gehuchten : *La moelle épinière de la truite.* La Cellule, 1895. — 7. Cajal : *Sur l'origine et les ramifications des fibres nerveuses de la moelle embryonnaire.* Anatomischer Anzeiger, 1890, p. 112. — 8. v. Lenhossek : *Ueber Nervenfasern in den hinteren Wurzeln welche aus den Vorderhorn entspringen.* Anatomischer Anzeiger, 1890, p. 360. — 9. Cajal : *A quelle époque apparaissent les expansions des cellules nerveuses de la moelle épinière du poulet.* Anatom. Anz. 1890, p. 613. — 10. Van Gehuchten : *Les éléments nerveux moteurs des racines postérieures.* Anatom. Anz., 1893. — 11. Retzius : *Zur Kenntniss der ersten Entwicklung der nervösen Elemente im Rückenmarke des Hühnchens.* Biolog. Unters, Neue Folge, Bd.V. 1892. — 12. Martin : *Contribution à l'étude de la structure interne de la moelle épinière chez le poulet et chez la truite.* La Cellule, 1895. — 13. Steinach : *Ueber die motorische Innervation des Darmtractus durch die hinteren Spinalnervenwurzel.* Lotos. Cd XIV, 1893. — 14. Horton Smith : *On efferent fibres in the posterior roots of the frog.* Journal of Phys., 1897. — Steinach : *Ueber die viscero-motorischen Funktionen der Hinterwurzeln und über die tonische Hemmungs-Wirkung der Medulla oblongata auf den Darm des Frosches.* Archiv. f. Phys., 1898. — 16. Van Gehuchten : *Les cellules de Rohon dans la moelle épinière et la moelle allongée de la truite.* Bull. de l'Académie royale des Sciences de Belgique, 1895. — 17. Gabri : *A propos des cellules radiculaires postérieures.* Archives italiennes de Biologie, 1896, pp. 115-119, — 18. Sherrington. *On the question, whether any fibres of the mammalian dorsal (afferent) spinal root are of intraspinal origine.* Journal o. Physiology. Bd. XXI, 1897. — 19. Van Gehuchten : *Contribution à l'étude de la moelle épinière chez les vertébrés.* La Cellule, 1897. — 20. Van Gehuchten : *Etat des réflexes et anatomie pathologique de la moelle lombo-sacrée dans les cas de paraplégie flasque due à une compression de la moelle cervico-dorsale.* Journal de neurologie, 1898. — 21. Cajal : *L'anatomie fine de la moelle épinière.* Atlas der patholog. Histologie des Nervensystems, Berlin, 1895.

VINGTIÈME LEÇON

La structure interne de la moelle épinière

(Suite).

Les éléments neurogliques :
cellules épendymaires et cellules de neuroglie ou astrocytes.
Résumé de la structure interne de la moelle épinière.
Interprétation de quelques phénomènes physiologiques.
Hypothèses sur la valeur fonctionnelle des collatérales.
La circulation de la moelle épinière.

Nous avons recherché jusqu'ici la part que les éléments nerveux prennent à la constitution de la substance blanche et de la substance grise de la moelle épinière. Il nous reste encore à étudier quelle part revient, dans l'organisation interne de la moelle épinière, aux éléments de soutien, les éléments neurogliques ou la neuroglie.

Les éléments neurogliques.

Vous savez que les éléments neurogliques comprennent essentiellement deux espèces de cellules : les *cellules épendymaires* et les *cellules de Deiters*, appelées encore *cellules en araignée* (Spinnenzellen), *cellules de neuroglie* ou *astrocytes*.

A. Cellules épendymaires. Les cellules épendymaires forment le revêtement épithélial du canal central de la moelle épinière.

Si l'on examine une coupe transversale d'une moelle embryonnaire du poulet au quatrième ou au cinquième jour d'incubation traitée par la méthode de GOLGI, on voit ces cellules épendymaires partir du canal central et rayonner de ce point à travers toute l'épaisseur de la moelle, FIG. 257. Le corps cellulaire est situé dans le voisinage immédiat du canal central. Il est pourvu d'un prolongement interne court et épais qui arrive à la surface libre du canal, où il se termine

souvent par un filament plus grêle flottant librement dans la cavité médullaire. A son pôle opposé, la cellule présente un prolongement périphérique long et grêle qui traverse toute l'épaisseur de la moelle. Sur la moelle d'embryons plus âgés ce prolongement périphérique est recouvert de fines branches collatérales excessivement courtes qui lui donnent un aspect épineux. Arrivé dans les couches externes, il se bifurque communément en deux ou trois branches qui vont en divergeant se terminer par un épaississement conique à la face profonde de la pie-mère.

La disposition de ces cellules épendymaires, sur des moelles de poulets plus âgés, est quelque peu spéciale au fond de la fissure médiane longitudinale antérieure et au niveau du sillon médian et du septum médian postérieurs, FIG. 258. Entre le central et la fissure médiane antérieure les cellules épendymaires présentent une disposition en fuseau résultant de la direction curviligne, à convexité externe, des cellules épendymaires latérales. Cette disposition caractéristique des cellules épendymaires médianes antérieures provient uniquement de la modification que la moelle a subie, dans sa conformation extérieure, pendant les premiers jours du développement. Au quatrième

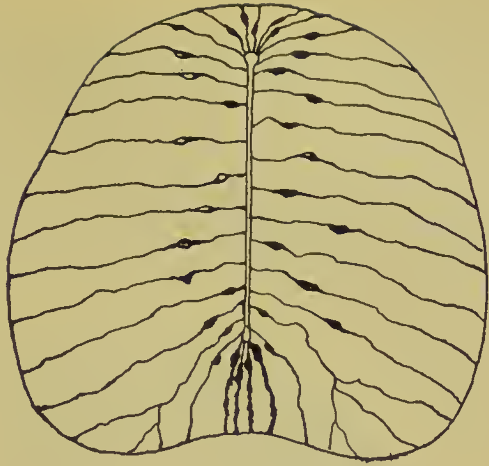


FIG. 257.

Disposition des cellules épendymaires dans une moelle de poulet au quatrième jour d'incubation.



FIG. 258.

Cellules épendymaires médianes antérieures et postérieures.

jour d'incubation toutes les cellules épendymaires rayonnent régulièrement autour du canal central. A partir de cette époque, le développement de la partie médiane antérieure de la moelle reste un peu en retard sur celui des parties latérales. Celles-ci débordent bientôt la partie médiane, et, continuant à se développer, finissent par se rapprocher au point qu'elles ne laissent plus entre elles que la

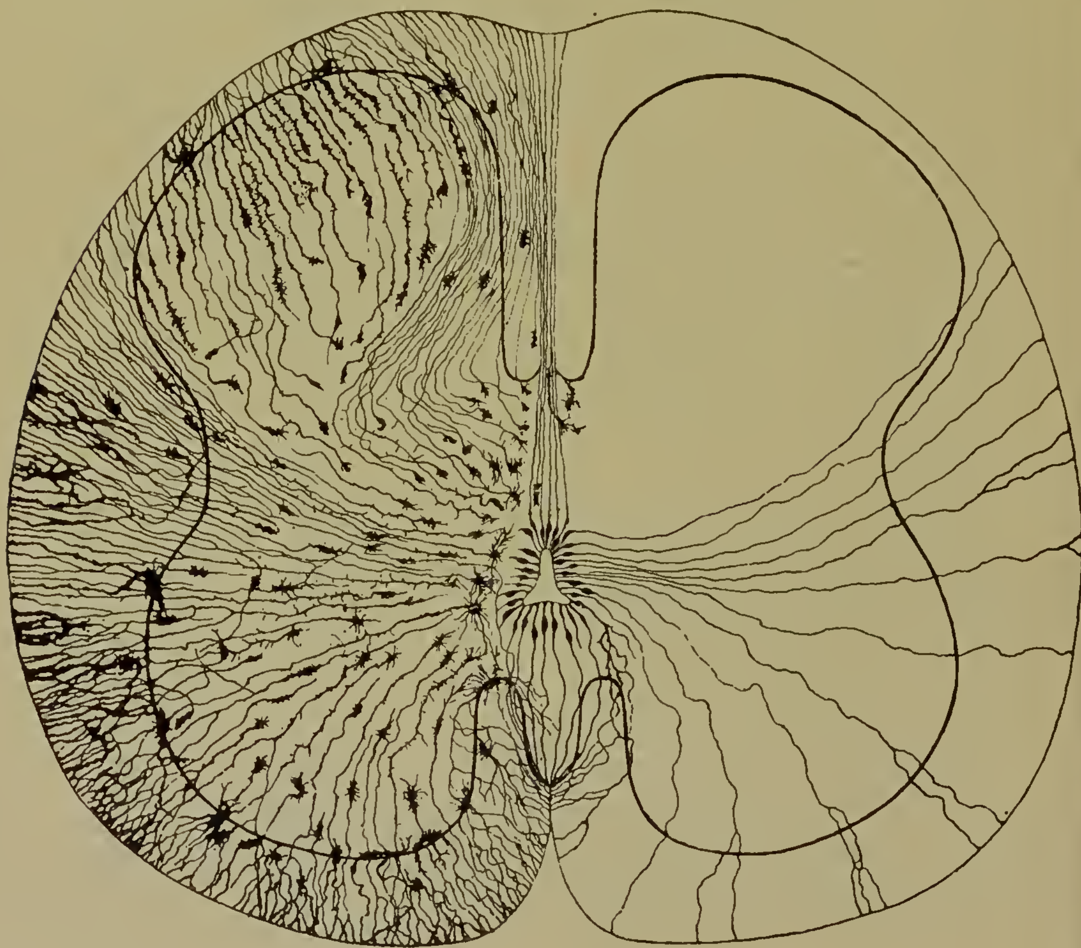


FIG. 259.

Coupe transversale de la moelle épinière d'un embryon humain de 14 centimètres montrant la disposition de la neuroglie. A droite les cellules épendymaires, à gauche les cellules de neuroglie (d'après v. LENHOSSEK).

fissure médiane. Les cellules épendymaires voisines des cellules médianes ont suivi cette incurvation de la moelle et ont pris une disposition en arcade d'autant plus prononcée qu'elles sont plus externes.

La disposition des cellules épendymaires est toute différente

entre la partie postérieure du canal central et le fond du sillon médian longitudinal postérieur. Comme v. LENHOSSEK (1) l'a fait remarquer à juste titre, ce sillon médian est tout à fait superficiel. Il ne s'enfonce pas dans l'épaisseur de la moelle ; mais il est relié au canal central par une cloison médiane. Celle-ci n'est pas une dépendance de la pie-mère ; elle est formée uniquement par un faisceau de cellules épendymaires.

Cette disposition si caractéristique des cellules épendymaires se retrouve encore dans les moelles embryonnaires des mammifères. Elle a été étudiée d'une façon spéciale par v. LENHOSSEK dans la moelle d'embryons humains. Nous lui empruntons la FIG. 259 qui représente les cellules épendymaires et les cellules de neuroglie de la moelle d'un embryon de 14 centimètres de longueur.



FIG. 260.
Cellules épendymaires de la moelle épinière d'une jeune salamandre.

La disposition primitive des cellules épendymaires se conserve d'une façon plus ou moins immuable dans la moelle épinière des vertébrés inférieurs, FIG. 260. Elle disparait insensiblement, dans le cours du développement, dans la moelle des mammifères et dans la moelle épinière de l'homme, et cela, en partie, par atrophie du

prolongement périphérique de presque toutes les cellules épendymaires qui restent en connexion avec le canal central ; en partie aussi par déplacement d'un grand nombre de cellules épendymaires qui s'éloignent du canal central et se transforment en cellules de neuroglie. Au huitième mois de la vie intra-utérine on voit déjà le prolongement périphérique des cellules épendymaires latérales, dans la moelle de l'homme, se perdre dans le voisinage plus ou moins immédiat de la coupe du canal central, FIG. 261.

B. Cellules de neuroglie. Les cellules de neuroglie sont répandues dans toute l'épaisseur de la substance grise et de la substance blanche. Ce sont des cellules multipolaires dont les prolongements longs et grêles rayonnent dans toutes les directions. Un grand nombre d'entre elles proviennent manifestement des cellules épendymaires par atrophie du prolongement interne. La FIG. 259 montre ce fait en toute évidence. Mais en dehors de ces cellules de neuroglie dont le grand axe a conservé, par rapport au canal central, la disposition primitive des cellules épendymaires, on trouve dans la moelle un grand nombre de cellules de neuroglie occupant par rapport au canal central une disposition toute différente. On ignore encore quelle peut être, d'une façon précise, l'origine de ces cellules de soutien.



FIG. 261.
Cellules épendymaires de la moelle lombaire d'un enfant né à 7 mois.

Les cellules de neuroglie sont excessivement abondantes dans toutes les régions de la substance blanche et de la substance grise de la moelle, à l'exclusion de la substance gélatineuse de ROLANDO.

Nous avons reproduit dans la FIG. 262 les cellules de neuroglie de la substance grise centrale dans la moelle d'un enfant né à 7 mois et, dans la FIG. 263, nous avons essayé de donner une idée de la disposition de ces cellules dans les diverses régions de la moelle.

Comme il ressort nettement de cette figure, les cellules de neuroglie se trouvent dans toutes les régions de la substance blanche et de

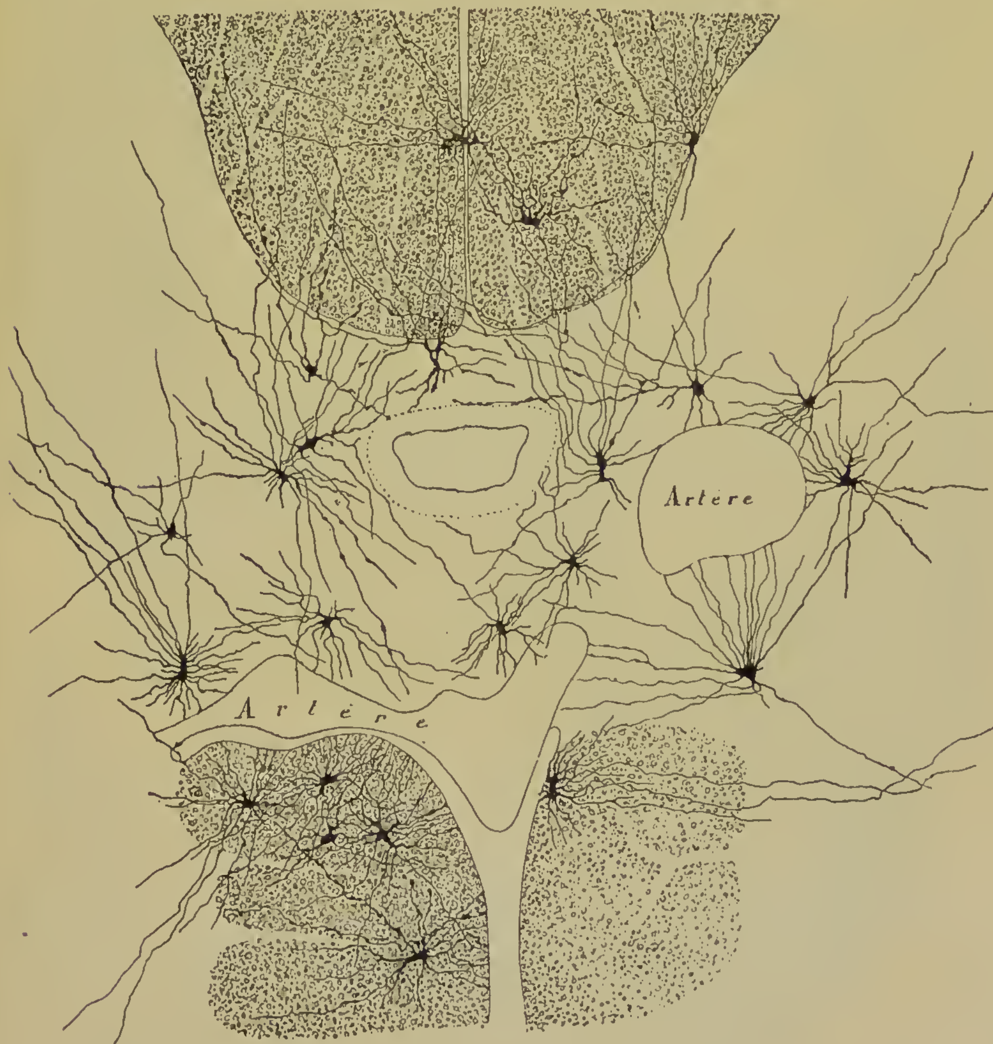


FIG. 262.
Cellules de neuroglie de la substance grise centrale dans la moelle épinière d'un enfant né à 7 mois.

la substance grise de la moelle. Dans la substance blanche, toutes les cellules de neuroglie sont pourvues de prolongements longs, raides et grêles ; dans la substance grise on trouve encore, en dehors de ces cellules à longs prolongements, d'autres cellules de neuroglie dont le

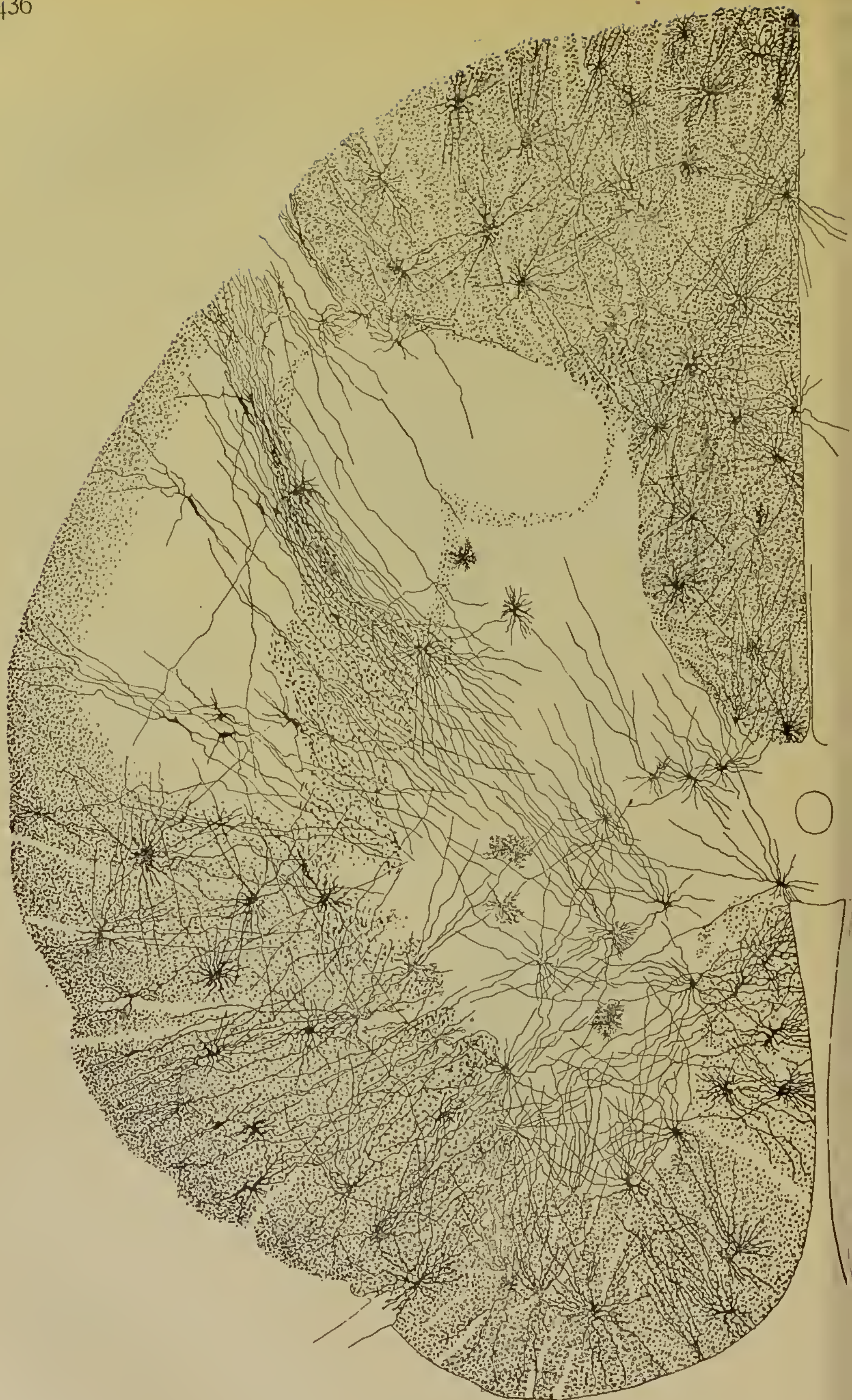


FIG. 263.
Disposition des cellules de neuroglie dans la moelle épinière d'un enfant né à 7 mois.

corps cellulaire n'est pourvu que d'un petit nombre de prolongements. Mais ceux-ci, à leur tour, sont hérissés de ramilles secondaires grêles et nombreuses.

A un seul endroit de la substance grise les cellules de neuroglie semblent faire défaut : c'est au niveau de la substance gélatineuse de ROLANDO. C'est là un fait sur lequel WEIGERT (2), le premier, a



FIG. 264.
Cellules de neuroglie de la substance gélatineuse et de la zone marginale de LISSAUER dans la moelle épinière d'un enfant né à 7 mois.

appelé l'attention. KÖLLIKER (3) semble contester la réalité de ce fait. Pour lui les cellules de neuroglie seraient aussi abondantes dans la substance gélatineuse de ROLANDO que dans n'importe quelle autre région de la substance grise. C'est là une conclusion que nous ne pouvons admettre. Nos observations nous font accepter

plutôt la manière de voir de WEIGERT. D'après nos recherches, la substance gélatineuse de ROLANDO n'est pas complètement dépourvue de cellules de neuroglie, mais elle représente, de toutes les régions de la substance grise de la moelle, celle qui est la plus pauvre en astrocytes. La FIG. 264 reproduit les seules cellules de neuroglie de la substance gélatineuse que nous avons observées dans les nombreuses coupes de la moelle épinière d'un enfant né à 7 mois que nous avons étudiées.

Tous les éléments neurogliques de la moelle épinière, les cellules épendymaires comme les cellules de neuroglie, sont indépendants les uns des autres et indépendants aussi des éléments nerveux avec lesquels ils sont entremêlés. C'est ce mélange d'éléments neurogliques et d'éléments nerveux enchevêtrés par leurs prolongements qui donne naissance au tissu nerveux de la moelle épinière. La moelle épinière n'est donc pas formée de *tissu nerveux* et de *tissu de neuroglie*, comme on le dit quelquefois, mais simplement et uniquement d'éléments nerveux et d'éléments de neuroglie entremêlés.

Résumons en quelques mots la structure en apparence si complexe de la moelle épinière, et, pour fixer les idées, prenons une coupe transversale de la moelle dorsale, FIG. 265.

Cette moelle présente au milieu la commissure. Vous savez que celle-ci est double : elle comprend la commissure grise et la commissure blanche antérieure.

Dans la commissure grise on trouve le canal central tapissé par l'épithélium épendymaire et entouré par les cellules de neuroglie qui constituent la substance grise centrale. La partie postérieure de cette commissure est traversée par de nombreuses fibrilles nerveuses qui représentent des collatérales venues des fibres du cordon postérieur et de la partie postérieure du cordon latéral d'un côté, pour aller se terminer dans la substance grise de la corne postérieure du côté opposé. Entre ces fibrilles nerveuses, suivant une direction perpendiculaire à ces dernières, passent les cellules épendymaires qui constituent la cloison médiane dorsale.

La commissure antérieure blanche a une structure assez complexe. Elle est constituée par :

a) le fuseau des cellules épendymaires qui relient le canal central au fond de la fissure médiane antérieure ;

b) les prolongements cylindraxiles des cellules nerveuses commissurales ou cellules des cordons hétéromères ;

c) les prolongements protoplasmatiques d'un grand nombre de cellules radiculaires ;

d) de nombreuses branches collatérales et terminales venant des fibres du cordon antérieur ;

e) les prolongements d'un grand nombre de cellules de neuroglie.

De chaque côté de la ligne médiane, on trouve, dans chaque moitié de la moelle, une substance grise centrale et une substance blanche périphérique, FIG. 265.



FIG. 265.

Coupe transversale de la moelle dorsale d'un embryon de vache.

La substance blanche est formée de fibres nerveuses et de cellules de neuroglie. Nous avons vu où se trouvent, dans cette substance blanche, les fibres à conduction centripète, les fibres à conduction centrifuge et les fibres commissurales longitudinales. Nous avons appris à connaître également où toutes ces fibres nerveuses ont leurs cellules d'origine.

La substance grise présente une corne antérieure, une corne postérieure et une région intermédiaire.

Dans la corne antérieure on trouve les *cellules radiculaires* et quelques cellules des cordons ; ensuite les ramifications de nombreuses collatérales venant des fibres du cordon antérieur, du cordon latéral et du cordon postérieur (collatérales sensitivo-motrices).

Dans la région moyenne de la substance grise on trouve principalement des cellules des cordons, soit des cellules commissurales ou cellules des cordons hétéromères, soit des cellules des cordons tautomères, soit des cellules mixtes ou cellules des cordons hécatéromères. Ces cellules nerveuses sont enveloppées par les ramifications collatérales et terminales des fibres nerveuses du cordon antérieur, du cordon latéral et du cordon postérieur.

Dans la corne postérieure existent des cellules des cordons tautomères ou hétéromères, puis des cellules à cylindre-axe court ou cellules de Golgi. Les collatérales venues des fibres du cordon postérieur et du cordon latéral du même côté, et, par la commissure postérieure, des fibres des mêmes cordons du côté opposé forment, dans cette corne postérieure, un plexus inextricable.

Le long de la moelle dorsale apparaît, sur la face interne de cette corne postérieure, la colonne de Clarke. Elle est formée en majeure partie de cellules nerveuses qui sont de véritables cellules des cordons tautomères destinées au faisceau cérébelleux, et d'un entrelacement de fines fibrilles nerveuses appartenant aux collatérales des fibres du cordon postérieur.

Le fait le plus important qui domine toute la structure interne de la moelle épinière, telle que nous l'avons exposée dans les leçons qui précèdent, c'est qu'il n'existe nulle part une trace d'anastomoses ni entre les prolongements protoplasmatiques, ni entre les prolongements cylindraxiles des cellules nerveuses. Les éléments nerveux ou neurones sont indépendants les uns des autres. Ils agissent les uns sur les autres par contiguité ou par contact. Le contact utile, celui qui seul sert à transmettre un ébranlement nerveux d'un neurone donné à un autre neurone, c'est celui qui se fait entre les ramifications terminales du prolongement cylindraxile du premier neurone et les ramifications des prolongements protoplasmatiques et le corps cellulaire du second neurone.

Une pareille structure des centres nerveux nous permet d'interpréter les phénomènes physiologiques avec autant de facilité qu'en admettant une continuité entre les éléments nerveux soit par le réseau de Gerlach, soit par le réseau de Golgi.

Pour qu'une contraction musculaire puisse se produire sous l'action de l'influx nerveux, il faut nécessairement qu'un ébranlement parte d'une cellule nerveuse radiculaire et parcoure le prolongement cylindraxile de cette cellule pour arriver au muscle périphérique.

Cet ébranlement peut naître sur place dans le corps même de la cellule radiculaire; on dit alors que le mouvement musculaire produit est un mouvement *automatique*. Cet ébranlement peut être transmis à la cellule radiculaire par les ramifications cylindraxiles d'une fibre des racines postérieures : on dit que le mouvement est *réflexe*. La cellule radiculaire peut recevoir cet ébranlement par les ramifications collatérales ou terminales d'une fibre des voies pyramidales, on dit alors que le mouvement est *volontaire*. Le schéma que nous avons construit dans la FIG. 266 représente les dispositions anatomiques qui servent de substratum à ces trois sortes de contractions musculaires.

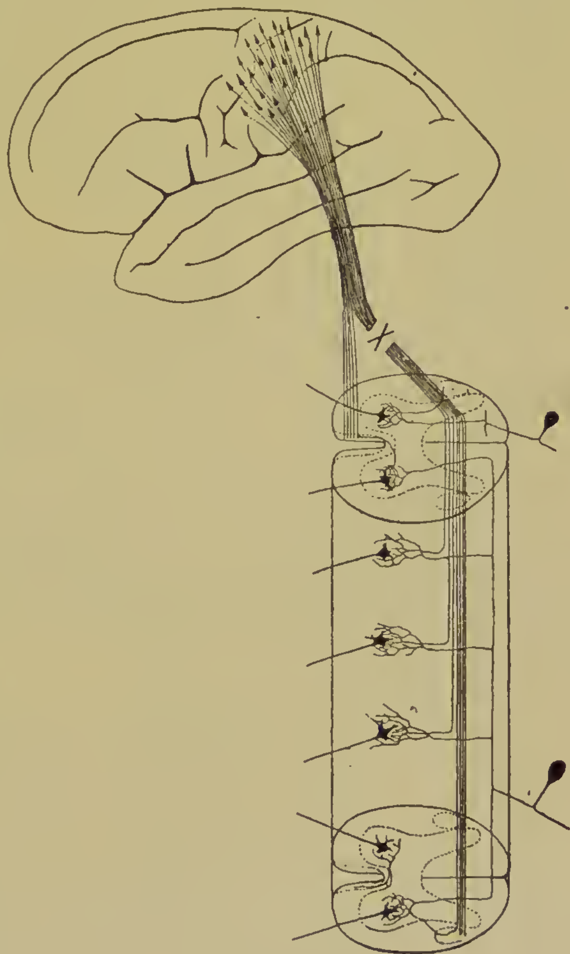


FIG. 266.

Schéma indiquant les différentes voies par lesquelles peuvent se produire des contractions musculaires sous l'influence de l'influx nerveux.

L'existence d'un réseau nerveux, établissant, entre toutes les cellules nerveuses, une véritable continuité de substance, semblait surtout favorable pour expliquer le mécanisme des mouvements réflexes. L'indépendance des éléments nerveux permet de concevoir un mécanisme tout aussi simple.

Quand une excitation périphérique ébranle les ramifications intra-épidermiques d'une fibre sensitive, cette excitation est transmise tout d'abord à la cellule du ganglion spinal à laquelle appartient la fibre excitée. De là, elle passe dans le prolongement cylindraxile de cette cellule nerveuse et arrive ainsi, par une racine postérieure, dans une fibre du cordon postérieur de la moelle. Si cette fibre du cordon postérieur est une voie courte, elle pourra transmettre l'ébranlement nerveux, par ses branches collatérales et par ses

branches terminales, à quelques cellules radiculaires placées au même niveau de la moelle. Ces cellules excitées produiront une contraction musculaire périphérique dans le voisinage du point excité. On dit que le réflexe est simple. Si la fibre du cordon postérieur est, au contraire, une voie longue, l'ébranlement nerveux peut, ou bien se réfléchir sur les premières branches collatérales et se transmettre encore à quelques cellules radiculaires situées au même niveau ; le réflexe sera encore simple ; ou bien, l'ébranlement peut parcourir toute la longueur de la fibre, se transmettre par un grand nombre de branches collatérales à un grand nombre de cellules radiculaires ; dans ce cas, le mouvement réflexe sera plus complexe. Nous avons représenté dans le schéma *A* de la FIG. 267, la disposition anatomique qui explique ces réflexes.

Au lieu de se transmettre directement à des cellules radiculaires. l'ébranlement nerveux, amené par une fibre du cordon postérieur, peut être transmis à des cellules des cordons, soit des cellules des cordons tautomères, soit des cellules des cordons hétéromères. Le prolongement cylindraxile de ces cellules nerveuses peut venir à son tour en contact avec des cellules radiculaires des deux moitiés de la moelle et produire ainsi un mouvement réflexe beaucoup plus étendu et beaucoup plus complexe. Vous pourrez saisir facilement le chemin parçouru par l'ébranlement nerveux, en jetant un coup d'œil sur le schéma *C* de la FIG. 267.

Enfin, l'excitation périphérique, amenée à la moelle par une fibre des racines postérieures, peut parcourir toute l'étendue de cette moelle par une fibre des voies longues, être transmise à la partie inférieure de la moelle allongée, au niveau de la clava, à un second élément nerveux à cylindre-axe ascendant et par là arriver jusque dans l'écorce cérébrale de l'hémisphère du côté opposé soit par voie directe, soit par voie indirecte en passant par la couche optique : cette excitation produira alors une *sensation*. Le schéma *B* de la FIG. 267 vous montre nettement la disposition de cette voie sensible.

L'existence d'un réseau nerveux n'est donc pas requise pour interpréter les phénomènes physiologiques.

Ces phénomènes s'interprètent avec une égale facilité en admettant l'indépendance des éléments nerveux. Veuillez noter cependant que toutes ces interprétations des phènomènes physiologiques sont de pures hypothèses. Des considérations qui précèdent vous ne pouvez nullement conclure que les phénomènes physiologiques que nous

venons d'analyser se passent en réalité tels que je viens de vous les décrire, mais uniquement qu'ils *peuvent* se passer ainsi.

Loin de compliquer la structure interne des centres nerveux, l'indépendance morphologique des éléments nerveux la simplifie au contraire considérablement.

Il y a cependant dans cette structure une particularité étrange qui a dû vous frapper, particularité dont on ne saisit pas bien toute la valeur ; c'est le grand nombre de collatérales qu'émettent, sur leur trajet, les fibres de la substance blanche.

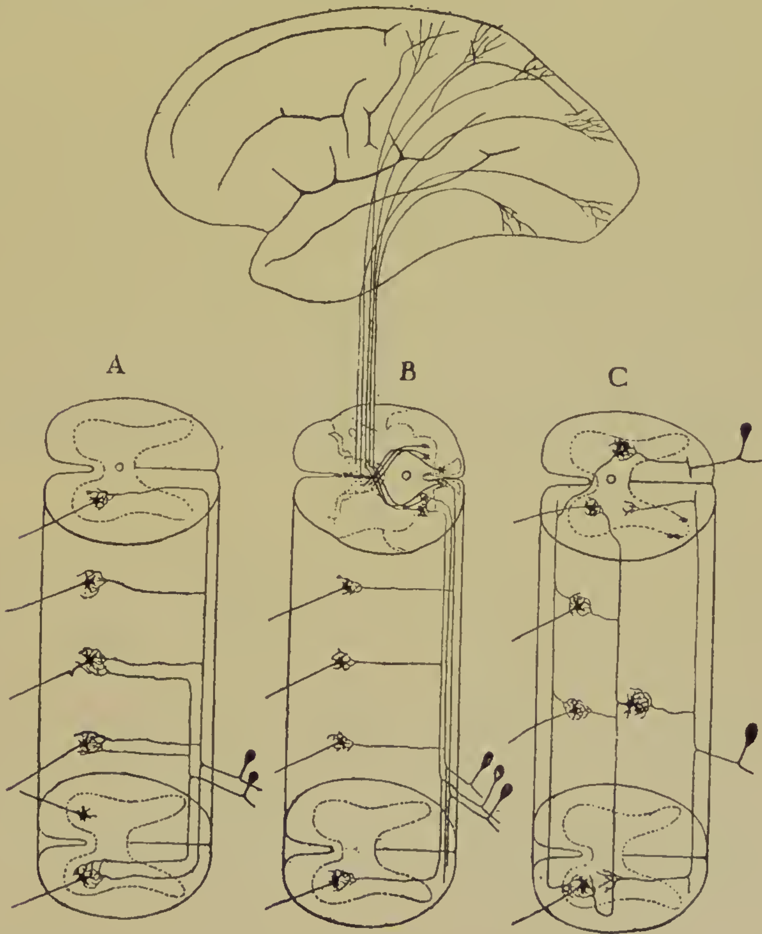


FIG. 267.

A et *C*. Schémas pour les mouvements réflexes.
B. Schéma montrant la disposition des voies sensibles depuis la périphérie jusqu'à l'écorce cérébrale.

Considérez, par exemple, une cellule de cette partie de la région motrice de l'écorce cérébrale qui préside aux mouvements des membres inférieurs. Comme nous le verrons plus tard, le prolongement cylindraxile de cette cellule motrice traverse la substance blanche de

l'hémisphère cérébral, la capsule interne, le pied du pédoncule cérébral, la protubérance annulaire, la moelle allongée et parcourt toute l'étendue de la moelle épinière pour se terminer dans le voisinage des cellules radiculaires de la moelle lombo-sacrée. Il est impossible de suivre une seule et même fibre dans tout ce trajet, mais sur des coupes transversales pratiquées dans ces différentes parties de l'axe cérébro-spinal, on voit toujours les fibres des voies pyramidales émettre des branches collatérales allant se terminer dans la substance grise voisine. On peut donc *supposer* que, pendant ce long trajet à travers toute l'étendue de l'axe cérébro-spinal, la fibre que nous considérons émet des collatérales dans les différentes régions de l'axe nerveux.

Considérez encore une fibre longue des racines postérieures d'un nerf sacré; elle traversera toute la longueur de la moelle épinière pour aller se terminer dans les masses grises qui constituent la *clava* à la face postérieure de la moelle allongée. Il est impossible de suivre cette fibre sur toute sa longueur; on admet cependant généralement que, en parcourant toute l'étendue du cordon postérieur, cette fibre émet de nombreuses collatérales qui se terminent à tous les niveaux dans la substance grise voisine : des collatérales longues, sensitivo-motrices, dans le voisinage de son point de bifurcation et des collatérales courtes sur tout le reste de son trajet.

A quoi peuvent servir toutes ces collatérales ?

Il n'est pas possible d'admettre qu'un ébranlement nerveux, venu de la cellule corticale motrice pour se transmettre à des cellules radiculaires de la moelle sacrée, parcoure toutes les branches collatérales du prolongement cylindraxile de cette cellule nerveuse. S'il en était ainsi, l'ébranlement devrait se transmettre à toutes les cellules radiculaires et à toutes les cellules des cordons des différentes parties de l'axe cérébro-spinal avec lesquelles ces collatérales arrivent en contact. De même une excitation périphérique qui parcourt une fibre longue des cordons postérieurs pour se transmettre à un élément nerveux de la moelle allongée qui la conduira jusqu'à l'écorce cérébrale, doit éviter les branches collatérales qui naissent de cette fibre pendant son trajet dans le cordon postérieur. S'il en était autrement, l'excitation périphérique devrait se transmettre, dans la moelle, à un grand nombre de cellules radiculaires et de cellules des cordons.

Peut-être l'ébranlement nerveux qu'une cellule transmet à son prolongement cylindraxile a-t-il pour tendance de ne parcourir, dans les circonstances ordinaires, que le prolongement cylindraxile lui-

même, d'éviter toutes les voies collatérales et de ne pouvoir être transmis à un élément voisin que par les ramifications *terminales*. Dans ce cas, les ramifications collatérales devraient être considérées comme des voies supplémentaires que l'ébranlement nerveux n'utilisera que dans certaines circonstances données.

Cette hypothèse a été émise par nous (4), en 1893, sans que nous y attachions la moindre importance, laissant aux recherches ultérieures le soin de décider si nous pouvions la maintenir ou si nous devions la rejeter. Paudi (5) l'a admise en 1895 et tout récemment Cajal (6) s'y est déclaré favorable. Malgré ces adhésions, nous nous demandons actuellement si les faits sur lesquels s'appuie cette hypothèse sont bien réels. Est-il vrai que les fibres longues du névraxe (fibres longues des cordons postérieurs, fibres cortico-spinales, etc.) émettent *sur toute leur longueur* des ramifications collatérales. Nous croyons que non. Nous avons vu, en effet, que ces fibres longues occupent toujours la zone périphérique de la substance blanche de la moelle, tandis que les fibres courtes occupent les zônes voisines de la substance grise. Or, si nous examinons des coupes transversales d'une moelle dont les collatérales ont été imprégnées par le chromate d'argent, nous voyons ces dernières provenir exclusivement des fibres voisines de la substance grise, c'est-à-dire des fibres courtes ; tandis que les fibres longues (faisceau de Gowers, faisceau cérébelleux, faisceau de Goll) en sont presque complètement dépourvues. La question est plus difficile à trancher pour les fibres des faisceaux pyramidaux et cela parce que, en descendant dans la moelle épinière ces faisceaux émettent des ramifications terminales.

Circulation de la moelle.

Pour terminer l'étude de l'organisation interne de la moelle épinière, il nous reste encore à étudier la circulation de la moelle.

Circulation artérielle. Quand on examine une moelle épinière après injection de tout le système artériel, FIG. 268 et 269 on trouve dans l'épaisseur de la pie-mère trois artères plus ou moins volumineuses à direction longitudinale. L'une occupe la face antérieure de la moelle, directement au devant de la fissure médiane longitudinale antérieure. C'est l'*artère spinale antérieure*. Les deux autres descendent sur la face postérieure de la moelle le long des sillons collatéraux dorsaux. Ce sont les *artères spinales postérieures*.

L'artère spinale antérieure provient directement des deux artères vertébrales, un peu en dessous de leur point de réunion pour former le tronc basilaire. Chaque artère vertébrale donne une petite branche interne qui se dirige en bas et en dedans. Les branches des deux vertébrales se réunissent sur la ligne médiane



Fig. 268.
Les artères de la face antérieure de la moelle (d'après Kadyi).



Fig. 269.
Les artères de la face postérieure de la moelle (d'après Kadyi).

en un tronc un peu plus volumineux qui constitue l'artère spinale antérieure.

Les artères spinales postérieures proviennent des artères cérébelleuses inférieures et postérieures au moment où ces artères contournent la face postérieure de la moelle allongée pour se rendre au cervelet. Les artères spinales postérieures restent indépendantes. Elles se dirigent d'abord en dedans jusque sur la face postérieure de la partie inférieure de la moelle allongée, puis se divisent en une branche ascendante destinée à la moelle allongée, et une branche descendante pour la moelle épinière (DURET).

On admet généralement qu'en descendant le long de la moelle ces trois artères spinales sont renforcées, au niveau de chaque nerf spinal, par une petite branche artérielle accompagnant ce nerf et provenant successivement de l'artère vertébrale, de l'artère cervicale profonde, des artères intercostales, lombaires et sacrées.

D'après des recherches très minutieuses de KADYI (5), ces artères spinales ne devraient pas être considérées comme des branches des artères vertébrales, mais chacune d'elles représenterait une chaîne artérielle formée par des anastomoses

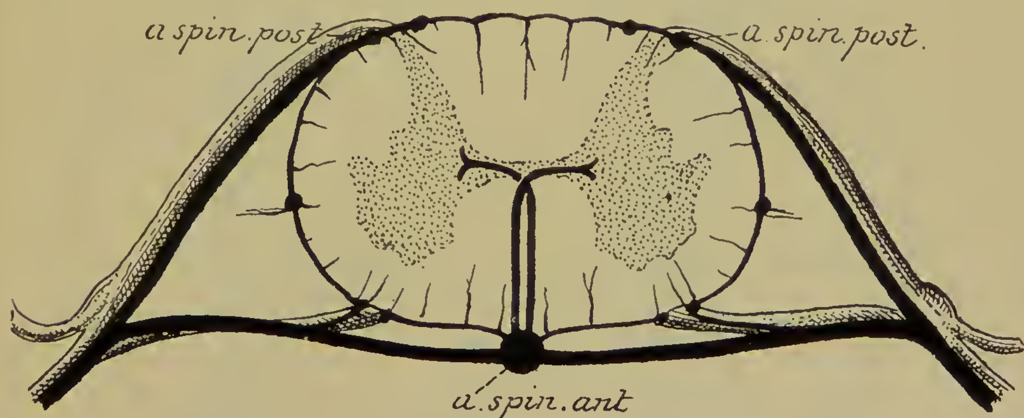


FIG. 270.
Schéma général de la circulation artérielle de la moelle (d'après KADYI) (1).

longitudinales de toutes les petites artères qui accompagnent les nerfs spinaux. En dehors de la dure-mère, chaque nerf spinal est accompagné d'une petite artère plus ou moins volumineuse provenant soit de la vertébrale, soit de la cervicale profonde, soit d'une artère intercostale, lombaire ou sacrée. Cette artère traverse la dure-mère et se subdivise alors en une branche antérieure et une branche postérieure accompagnant les deux racines du nerf spinal jusqu'à la moelle, FIG. 270. Arrivée sur la face antérieure de la moelle, chaque petite artère antérieure gagne la

(1) C'est intentionnellement que les artères qui accompagnent les racines antérieures et postérieures des nerfs spinaux ont été dessinées beaucoup trop grosses.

ligne médiane, se fusionne avec l'artère correspondante du côté opposé puis se divise en une branche ascendante qui s'anastomose avec la branche descendante de la petite artère placée au-dessus, et en une branche descendante qui s'anastomose avec la branche ascendante voisine.

Sur la face postérieure de la moelle. les petites artères qui accompagnent les racines postérieures ne s'étendent que jusqu'au niveau du sillon collatéral postérieur pour s'y comporter comme les artères de la face antérieure.

Parmi les artères des nerfs spinaux, un grand nombre sont tellement petites qu'elles s'épuisent sur les racines de ces nerfs sans arriver jusqu'à la moelle ; d'autres, au contraire, sont plus volumineuses et desservent alors la moelle sur une étendue plus considérable.

De ces trois artères spinales partent des branches transversales qui se divisent et se subdivisent dans l'épaisseur de la pie-mère, s'anastomosent les unes avec les autres de manière à constituer autour de la moelle·épinière un véritable réseau artériel.

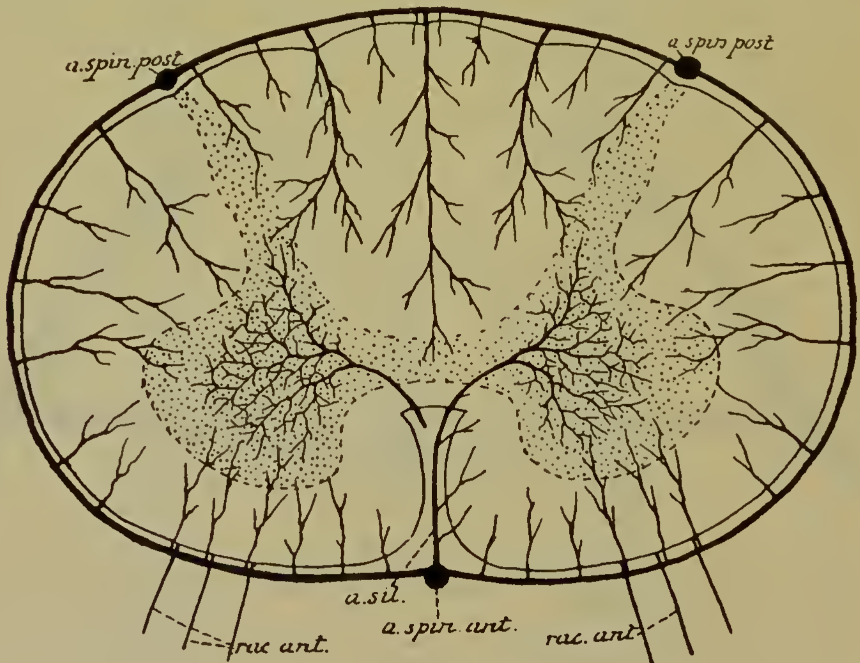


Fig. 271.
Schéma montrant le trajet et la distribution des branches terminales provenant du plexus artériel de la pie-mère.

De ce réseau artériel naissent des branches collatérales qui pénètrent directement dans la moelle. Elles représentent toutes des *artères terminales* dans le sens que Cohnheim a donné à cette dénomination, c'est-à-dire que ces artères ne s'anastomosent plus entre elles. Chacune d'elles est destinée à porter le sang à une



Fig. 272.
Les veines exera-médullaires vues par la face postérieure (d'après Kadyi).

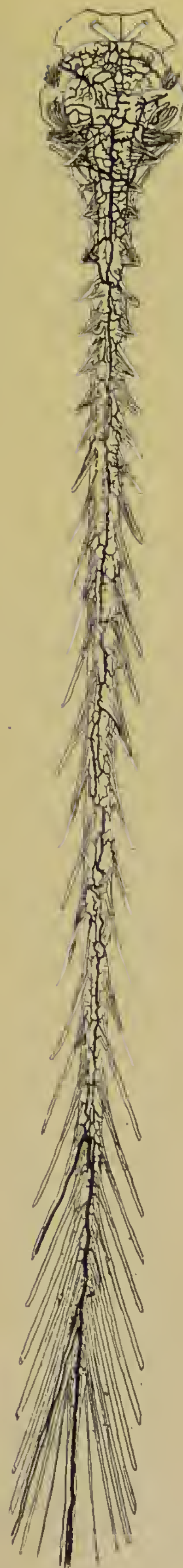


Fig. 273.
Les veines extra.médullaires vues par la face antérieure (d'après Kadyi).

partie déterminée de la moelle. L'oblitération d'une de ces artères amène donc, comme conséquence immédiate, la mort de toute la région nourrie par elle.

Les plus volumineuses de ces artères terminales viennent de l'artère spinale antérieure. Elles pénètrent jusqu'au fond de la fissure médiane antérieure puis se recourbent, soit à gauche, soit à droite, dans la substance nerveuse pour aller se terminer dans la substance grise de la corne antérieure par un grand nombre de petites branches terminales rayonnant dans tous les sens, FIG. 271. Ces artères envoient aussi une petite branche dans la colonne de CLARKE. Ce sont les *artères du sillon* de ADAMKIEWICZ (7), les *artères centrales de la moelle* de KADYI (8). D'après les recherches de ce dernier auteur, il existerait en moyenne, sur toute la longueur de la moelle, 200 de ces artères centrales.

Les autres artères nourricières de la moelle naissent du réseau périphérique, pénètrent dans la substance blanche de la moelle, y abandonnent des branches collatérales et vont se terminer dans les zones périphériques de la substance grise. Les plus volumineuses de toutes ces artères sont celles qui accompagnent le septum médian dorsal. Parmi ces artères on doit signaler, d'une façon spéciale, les deux ou trois petites artères qui accompagnent les fibres de chaque racine antérieure et arrivent avec celle-ci jusque dans la corne antérieure de la substance grise. On les appelle encore *artères radiculaires*.

Circulation veineuse. Au réseau capillaire artériel de la moelle fait suite un réseau veineux. Les capillaires veineux se réunissent en des veinules plus grosses qui accompagnent les ramifications artérielles et qui se rendent dans un plexus veineux situé dans l'épaisseur de la pie-mère. Les veines intra-médullaires sont cependant beaucoup plus nombreuses que les artères correspondantes. D'après les recherches de KADYI, on trouverait, dans la fissure médiane antérieure par exemple, environ un nombre double de veines que d'artères.

Le plexus veineux extra-médullaire entoure complètement la moelle. On peut y distinguer quelques veines plus volumineuses que les autres à direction longitudinale, FIG. 272 et 273, l'une est située vis-à-vis de la fissure médiane antérieure accompagnant l'artère spinale antérieure, c'est la *veine médiane antérieure* ; l'autre, plus

volumineuse, court sur la face postérieure de la moelle le long de la cloison médiane, c'est la *veine médiane postérieure*. Outre ces deux veines assez constantes, on trouve encore une veine longitudinale dans chaque sillon collatéral antérieur le long des racines antérieures des nerfs spinaux. Ces veines longitudinales sont reliées les unes aux autres par de nombreuses veines transversales.

Au niveau de chaque racine d'un nerf spinal, une petite veine se détache du plexus et accompagne la racine à travers la dure-mère. Ce sont les *veines radiculaires* allant se déverser dans les plexus veineux intra-rachidiens et extra-rachidiens.

Littérature.

1. v. Lenhossek : *Der feinere Bau des Nervensystems im Lichte neuester Forschungen.* 2e Aufl., Berlin, 1893. — 2. Weigert : *Bemerkungen über das Neurogliagerüst des menschlichen Centralnervensystems.* Anatomischer Anzeiger. 1890. — *Zur pathologischen Histologie des Neurogliafasergerüsts.* Centralbl. für allgem. Pathologie und pathol. Anatomie. 1890. — *Beiträge zur Kenntniss der normalen menschlichen Neuroglia.* Festschrift zum fünfzigjährigen Jubiläum des ärztlichen Vereins zu Francfurt a M., 1895. — 3. Kölliker : *Handbuch der Gewebelehre*, 6e Aufl., Bd. II, Hft. 1, Leipzig, 1893. — 4. Van Gehuchten : *Le système nerveux de l'homme*, 1re éd., 1893. — 5. Pandi : *Du mécanisme cortical des phénomènes réflexes.* Paris, 1895, p. 56. — 6. Cajal : *El sistema nervioso del hombre y de los vertebrados,* 1er fasc., 1897, p. 155. — 7. Adamkiewicz : *Die Blutgefässe des menschlichen Rückenmarkes* : I Theil : *Die Gefässe der Rückenmarks-Substanz.* Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wiss., Wien. 1881. — 8. Kadyi : *Ueber die Blutgefässe des menschlichen Rückenmarkes,* Lemberg 1899.

VINGT ET UNIÈME LEÇON

Les nerfs spinaux ou nerfs rachidiens.

Division des nerfs spinaux.
Origine apparente et origine réelle d'un nerf spinal. — Les nerfs cervicaux : Branches postérieures. Branches antérieures. Plexus cervical. Plexus brachial.

Les nerfs périphériques qui dépendent de la moelle épinière portent le nom de *nerfs spinaux (nervi spinales)* ou *nerfs rachidiens.* On compte communément 31 paires de nerfs spinaux. Ils sortent du canal vertébral en traversant les trous de conjugaison. D'après les régions du rachis dont ces nerfs traversent les trous intervertébraux on les divise en *nerfs cervicaux (nervi cervicales)*, *nerfs dorsaux (nervi thoracales)*, *nerfs lombaires (nervi lumbales)*, *nerfs sacrés (nervi sacrales)* et *nerf coccygien (nervus coccygeus).* Il y a 8 nerfs cervicaux, 12 nerfs dorsaux, 5 nerfs lombaires, 5 nerfs sacrés et 1 nerf coccygien. Dans l'épaisseur du filet terminal, il existerait encore, d'après les recherches de RAUBER, deux nerfs coccygiens plus ou moins rudimentaires ce qui porterait leur nombre à 3 et le total des nerfs spinaux à 33 paires.

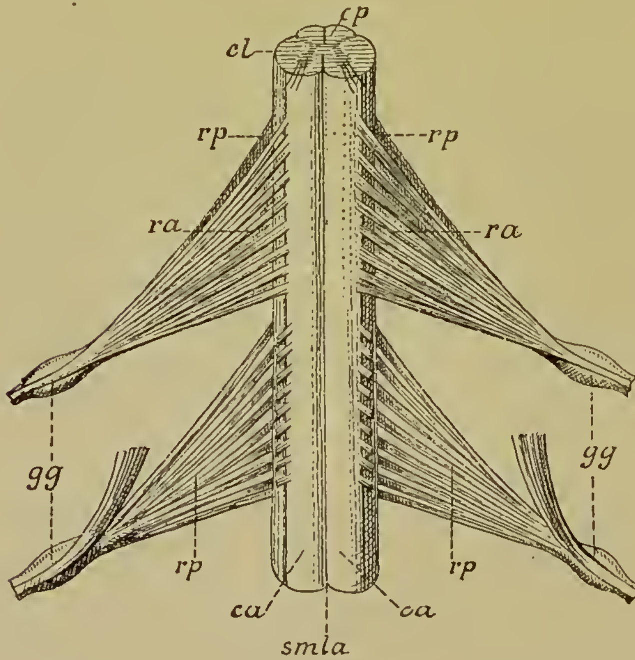


FIG. 274.
Partie de la moelle thoracique. Gr. natur.
smla : Fissure médiane longitudinale antérieure.
sca : Sillon collatéral antérieur.
ca : Cordon antérieur.
cl : Cordon laléral.
rp : Racines postérieures.
ra : Racines antérieures.
gg : Ganglion spinal.

Tout nerf spinal est un nerf mixte, c'est-à-dire qu'il est formé de fibres sensitives et de fibres motrices. Il commence à la moelle par deux groupes de filets radiculaires : les uns sortent du sillon collatéral antérieur et constituent la *racine antérieure ;* les autres émergent du sillon collatéral postérieur et forment la *racine postérieure*, FIG. 274. Les fibres de la racine antérieure sont toutes des fibres motrices ; les fibres de la racine postérieure sont toutes des fibres sensitives. Les filets radiculaires antérieurs convergent les uns vers les autres et se rendent, après un trajet plus ou moins long, vers le trou de conjugaison. Les filets radiculaires postérieurs se comportent d'une façon identique. Les filets radiculaires du premier nerf cervical ont une direction légèrement ascendante, ceux du deuxième nerf cervical ont une direction horizontale ; à partir du troisième nerf spinal la direction est oblique. Cette obliquité augmente jusqu'au dernier nerf spinal FIG. 275. Entourées par un prolongement de l'arachnoïde, les deux racines de chaque nerf spinal traversent la dure-mère qui leur fournit une gaine commune. A ce niveau la racine postérieure présente un renflement ovalaire qui constitue le *ganglion spinal*. Pour les nerfs cervicaux, dorsaux et lombaires, le ganglion spinal est



FIG. 275. — L'axe cérébro-spinal vu par sa face antérieure. Gr. nat. 1/4.

I à *XII* : Nerfs cérébraux dépendant de l'encéphale.

Les nerfs spinaux naissent symétriquement des deux côtés de la moelle.

CI à *DXII* : Nerfs cervicaux et nerfs dorsaux.

LI à *LV* : Nerfs lombaires.

SI à *SV* : Nerfs sacrés.

CI : Nerf coccygien.

ft : Filet terminal.

situé dans le trou intervertébral, on l'appelle quelquefois *ganglion intervertébral*. Celui des nerfs sacrés et des nerfs coccygiens occupe le canal rachidien lui-même.

En dehors du ganglion spinal les fibres de la racine antérieure se réunissent à celles de la racine postérieure pour former le nerf mixte périphérique.

Tout nerf périphérique présente une double origine : l'une *apparente* et l'autre *réelle*. L'*origine réelle* d'un nerf c'est l'ensemble des cellules nerveuses d'où proviennent les cylindres-axes de ses fibres

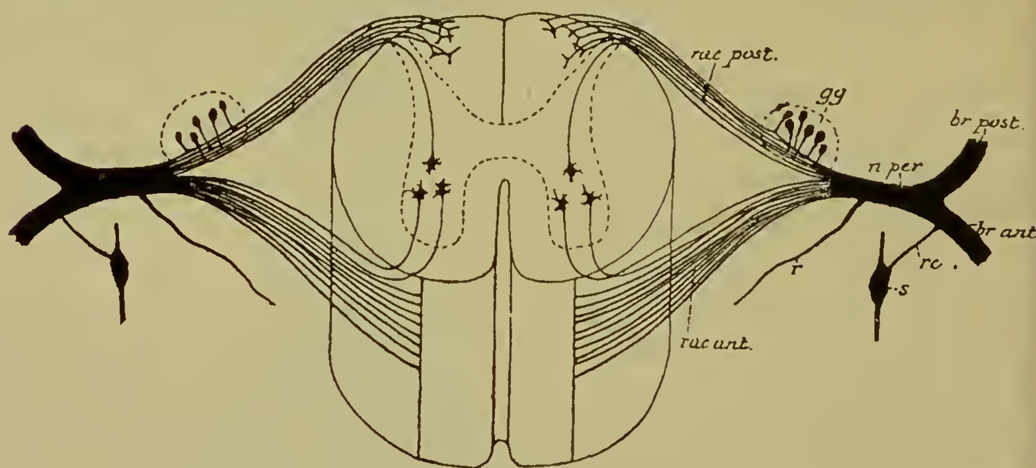


FIG. 276.

Schéma indiquant l'origine apparente et l'origine réelle des fibres d'un nerf spinal.

gg : Ganglion spinal.
n. per : Nerf mixte périphérique.
r : Rameau récurrent méningé.
rc : Rameau communicant.
s : Ganglion du sympathique.

constitutives. L'*origine apparente* d'un nerf c'est l'endroit précis où ce nerf émerge de la face externe de l'axe cérébro-spinal.

L'origine apparente de tout nerf spinal est double : la racine antérieure émerge du sillon collatéral ventral, tandis que les filets de la racine postérieure sortent du sillon collatéral dorsal de la moelle.

L'origine réelle de tout nerf spinal est double également, FIG. 276; les fibres de la racine antérieure ont leurs cellules d'origine dans les cellules radiculaires de la corne antérieure de la substance grise de la moelle.

Les fibres sensitives de la racine postérieure ont leurs cellules d'origine dans le ganglion spinal. Nous savons que, chez la plupart des vertébrés adultes, les ganglions spinaux sont formés par des cellules unipolaires dont le prolongement unique, à une distance variable

de la cellule d'origine, se bifurque en un prolongement central et un prolongement périphérique. Le premier jouit de la conduction cellulifuge, le second de la conduction cellulipète.

Outre les fibres sensitives, la racine postérieure renferme chez quelques vertébrés inférieurs un certain nombre de fibres motrices qui ont leur origine réelle dans les cellules radiculaires postérieures de la substance grise de la moelle, FIG. 276.

En dehors du trou de conjugaison tous les nerfs spinaux se comportent d'une façon identique : ils émettent un petit rameau méningé *(ramus meningeus)* qui rentre dans le canal rachidien pour s'y distribuer aux méninges, puis se divisent en une branche antérieure *(ramus anterior)* et une branche postérieure *(ramus posterior)*.

Les branches postérieures des nerfs spinaux sont généralement plus grêles que les branches antérieures correspondantes, excepté pour les deux premiers nerfs cervicaux. Elles se dirigent toutes en arrière, restent généralement indépendantes les unes des autres et vont innerver les muscles du dos et de la nuque et porter la sensibilité à la peau qui recouvre la région de la nuque et celle des régions dorsale, lombaire et sacrée.

Les branches antérieures, d'ordinaire plus volumineuses que les postérieures, s'anastomosent avec le ganglion voisin du sympathique par les rameaux communicants. Elles restent indépendantes dans la région dorsale où elles deviennent les nerfs intercostaux. Elles s'anastomosent entre elles dans les régions cervicale, lombaire et sacrée en donnant naissance à plusieurs plexus : le plexus cervical, le plexus brachial, le plexus lombaire, le plexus sacré et le plexus coccygien.

Nerfs cervicaux.

Les nerfs cervicaux sont au nombre de huit. Le premier sort du canal rachidien entre l'occipital et l'atlas, le dernier passe par le trou de conjugaison formé par la septième vertèbre cervicale et la première vertèbre dorsale.

Le dernier filet radiculaire du huitième nerf cervical quitte la moelle épinière vers le milieu du corps de la septième vertèbre cervicale, c'est là la limite inférieure de la moelle cervicale. Rapportée aux apophyses épineuses des vertèbres, cette limite inférieure correspond, d'après les recherches de REID, au bord supérieur de l'apophyse épineuse de la septième vertèbre cervicale.

En dehors du trou de conjugaison, chaque nerf cervical se divise en une branche postérieure et une branche antérieure. Les branches postérieures des deux premiers nerfs cervicaux sont plus volumineuses, celles des six derniers nerfs cervicaux sont plus grêles que les branches antérieures correspondantes.

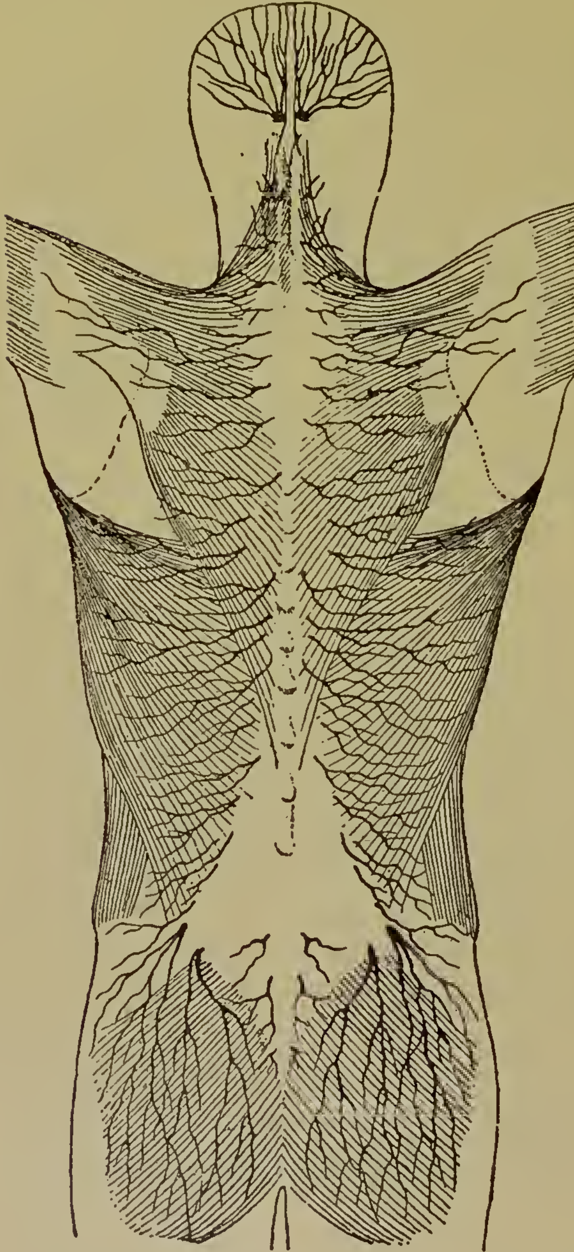


Fig. 277.
Les rameaux cutanés des branches postérieures des nerfs cervicaux, dorsaux, lombaires et sacrés.

Branches postérieures.

La branche postérieure du premier nerf cervical porte le nom de *petit nerf sous-occipital (N. suboccipitalis).* Elle sort du canal rachidien entre l'occipital et l'arc postérieur de l'atlas, traverse le triangle formé par le muscle grand droit postérieur de la tête et les deux muscles obliques et se divise en branches terminales; l'une s'anastomose avec la branche postérieure du deuxième nerf cervical en contournant le muscle grand oblique, tandis que les autres innervent les deux muscles droits et les deux muscles obliques.

La branche postérieure du deuxième nerf cervical beaucoup plus importante porte le nom de *grand nerf sous-occipital (N. occipitalis major).* Elle sort du canal rachidien entre l'arc postérieur de l'atlas et la lame de l'axis, passe sous le muscle grand oblique de la tête, donne un rameau anastomotique ascendant pour le petit nerf sous-occipital et un

rameau descendant pour la branche postérieure du troisième nerf cervical, traverse les muscles profonds de la nuque, le grand complexus et le splenius, et devient sous-cutanée, tout près de la ligne médiane, un peu en dessous de la ligne demi-circulaire supérieure de l'occipital. Par ses branches terminales ce grand nerf sous occipital va porter la sensibilité à la peau qui recouvre la région occipitale depuis l'insertion du trapèze jusqu'au sommet de la tête. FIG. 277.

Les branches postérieures des six derniers nerfs cervicaux sont plus grêles que les branches antérieures correspondantes. Elles proviennent des nerfs cervicaux immédiatement en dehors du trou invertébral, se dirigent directement en arrière et un peu en dedans, innervent les muscles de la nuque et traversent, près de la ligne médiane, les fibres tendineuses du muscle trapèze pour devenir sous-cutanées. Elles se recourbent alors en dehors et portent la sensibiltié à la peau qui recouvre la région de la nuque.

Branches antérieures.

Les branches antérieures des quatre premiers nerfs cervicaux s'anastomosent les unes avec les autres et donnent naissance au *plexus cervical.* Celles des quatre derniers nerfs cervicaux et du premier nerf dorsal produisent par leurs anastomoses le *plexus brachial.*

Plexus cervical. Le plexus cervical est situé au niveau des apophyses transverses des quatre premières vertèbres cervicales, au-devant des insertions supérieures du muscle scalène postérieur et du muscle angulaire, derrière le bord postérieur du muscle sterno-cléïdo-mastoïdien. La branche antérieure du premier nerf cervical descend au-devant de l'apophyse transverse de l'atlas pour s'anastomoser avec la branche correspondante du deuxième nerf cervical, formant ainsi une première anse nerveuse. Les branches antérieures des trois autres

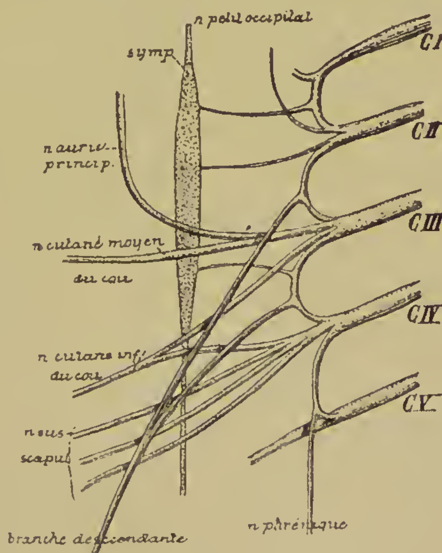


FIG. 278.
Constitution du plexus cervical.
Gr. nat. 2/3.
CI à *CV* : Branches antérieures des cinq premiers nerfs cervicaux.
symp. : Ganglion cervical supérieur du grand sympathique.

nerfs cervicaux passent derrière l'artère vertébrale, puis entre les muscles intertransversaires antérieurs et postérieurs et arrivent au sommet des apophyses transverses ; là elles s'anastomosent l'une avec l'autre de façon à produire deux anses nerveuses. Les quatre branches cervicales avec les trois anses qui les réunissent forment par leur ensemble le plexus cervical, FIG. 278.

De ce plexus ainsi constitué partent trois groupes de branches terminales ; des branches *anastomotiques*, des branches *musculaires* et des branches *cutanées*.

1° *Branches anastomotiques*. Le plexus cervical s'anastomose avec les nerfs voisins.

a) Avec le ganglion cervical supérieur du sympathique au moyen de trois ou quatre branches nerveuses provenant des trois ou quatre premiers nerfs cervicaux.

b) Avec le nerf grand hypoglosse par des filets qui partent de la première anse cervicale.

c) Avec le ganglion plexiforme du nerf pneumo-gastrique par un filet nerveux provenant du premier nerf cervical.

d) Avec la branche externe du nerf spinal au moyen d'un filet nerveux sorti du troisième nerf cervical.

e) Avec la branche descendante du nerf hypoglosse au moyen d'une branche nerveuse assez volumineuse et très longue provenant du deuxième et du troisième nerf cervical. Cette branche anastomotique descend obliquement en bas et en dedans, passe au devant de la carotide privitive et de la veine jugulaire interne où elle rencontre la branche descendante de l'hypoglosse avec laquelle elle forme une anse nerveuse appelée l'*anse de l'hypoglosse*. De la convexité de cette anse partent les filets nerveux qui innervent les muscles de la région sous-hyoïdienne, FIG. 279.

f) Avec le plexus brachial par un filet nerveux qui relie le quatrième nerf cervical au cinquième.

2° *Branches musculaires*. Le plexus cervical fournit des branches motrices à tous les muscles voisins : les muscles intertransversaires antérieurs et postérieurs, le muscle grand droit antérieur de la tête, le muscle petit droit antérieur de la tête, le muscle droit latéral, le long du cou, la partie supérieure des muscles scalène moyen et scalène postérieur, l'angulaire de l'omoplate, le sterno-cléïdo-mastoïdien et le trapèze (ces deux derniers muscles sont innervés aussi par le spinal). Il innerve encore les muscles de la région sous-hyoïdienne, par des

filets qui proviennent de l'anse nerveuse de l'hypoglosse ainsi que nous le verrons en décrivant ce dernier nerf, et le muscle diaphragme. La branche nerveuse qui innerve ce dernier muscle constitue un nerf important appelé *nerf phrénique*.

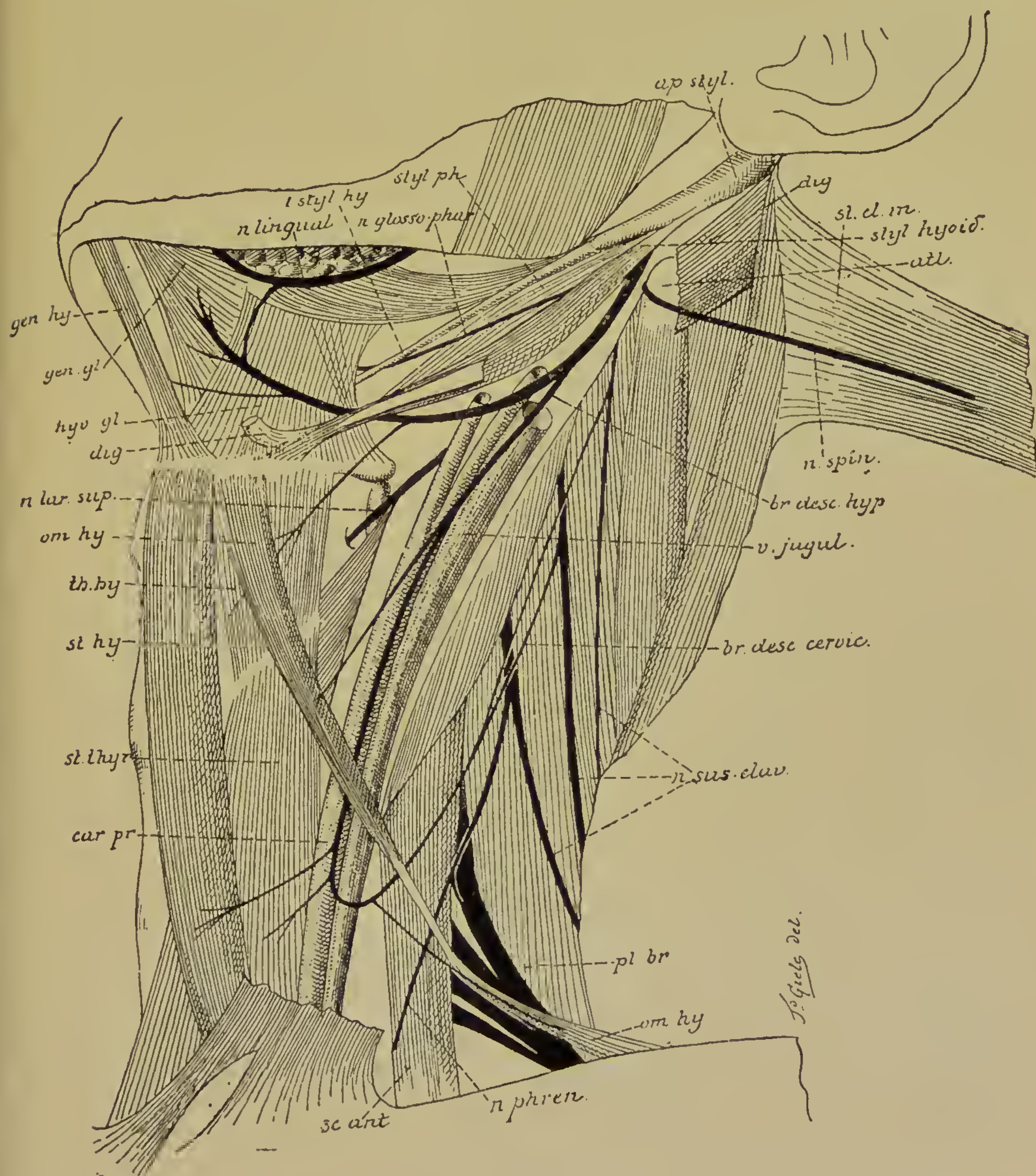


FIG. 279.
Les nerfs de la région cervicale. Gr. nat. 1/2.

Le *nerf phrénique (nervus phrenicus)* naît communément du quatrième nerf cervical, très souvent aussi d'une branche anastomotique

entre le quatrième nerf cervical et le cinquième. D'après les recherches expérimentales récentes de SANO KOHNSTAMM et MARINESCO, les fibres motrices du nerf phrénique ont leur origine réelle dans une longue colonne de cellules nerveuses, occupant la partie centrale de la corne antérieure depuis la partie inférieure du troisième jusqu'à la partie moyenne du sixième segment cervical. De son origine apparente, ce nerf se dirige en bas et en dedans, passe sur la face antérieure du muscle scalène antérieur contre lequel il est maintenu par l'aponévrose de cè muscle, pénètre dans la cage thoracique en passant entre l'artère et la veine sous-clavières, en dehors du nerf pneumo-gastrique et du grand sympathique ; il longe la veine-cave supérieure à droite, croise, au contraire, la crosse de l'aorte à gauche, puis descend verticalement en bas au-devant du hile du poumon, entre le péricarde et la plèvre, accompagné des vaisseaux diaphragmatiques, le gauche étant situé un peu plus en avant que le droit, et pénètre dans le muscle diaphragme auquel il se distribue.

Près de son origine, le nerf phrénique s'anastomose avec le ganglion cervical inférieur du sympathique et avec le nerf du muscle sous-clavier.

Le nerf phrénique n'est pas un nerf exclusivement moteur, il renferme des fibres sensitives qu'il abandonne, sur son trajet à travers la cage thoracique, aux parties voisines du péricarde et de la plèvre (péricardique, costale et phrénique) ; quelques filets terminaux donnent également la sensibilité à la partie du péritoine qui recouvre la face inférieure du muscle diaphragme.

3° *Branches cutanées.* Les branches cutanées contournent toutes la partie moyenne du bord postérieur du muscle sterno-cléïdo-mastoïdien et se dirigent en haut, en avant ou en bas, FIG. 280.

Les *branches ascendantes* sont au nombre de deux : le nerf *petit occipital* et le nerf *auriculaire principal.* Il n'y a qu'une seule *branche antérieure :* le *nerf cervical transverse* ou *nerf cutané du cou.* Les *branches descendantes* sont plus nombreuses et constituent les *nerfs sus-claviculaires.*

Le nerf *petit occipital (n. occipitalis minor)* provient de l'anse nerveuse reliant le deuxième nerf cervical au troisième. Il monte le long du bord postérieur du muscle sterno-cléïdo-mastoïdien jusqu'au niveau de la ligne demi-circulaire supérieure de l'occipital, où il se divise en branches terminales qui innervent la peau de la région mastoïdienne et de la région occipitale latérale.

Le *nerf auriculaire principal (n. auricularis magnus)* provient du troisième nerf cervical. C'est la branche cutanée la plus volumineuse du plexus. Il contourne la partie moyenne du bord postérieur du muscle sterno-cléïdo-mastoïdien, se dirige en haut et en dedans, sur la face externe de ce muscle, vers le pavillon de l'oreille, accompagné de la veine jugulaire externe et recouvert par le muscle peaucier. Arrivé vers l'angle du maxillaire inférieur, le nerf auriculaire principal se

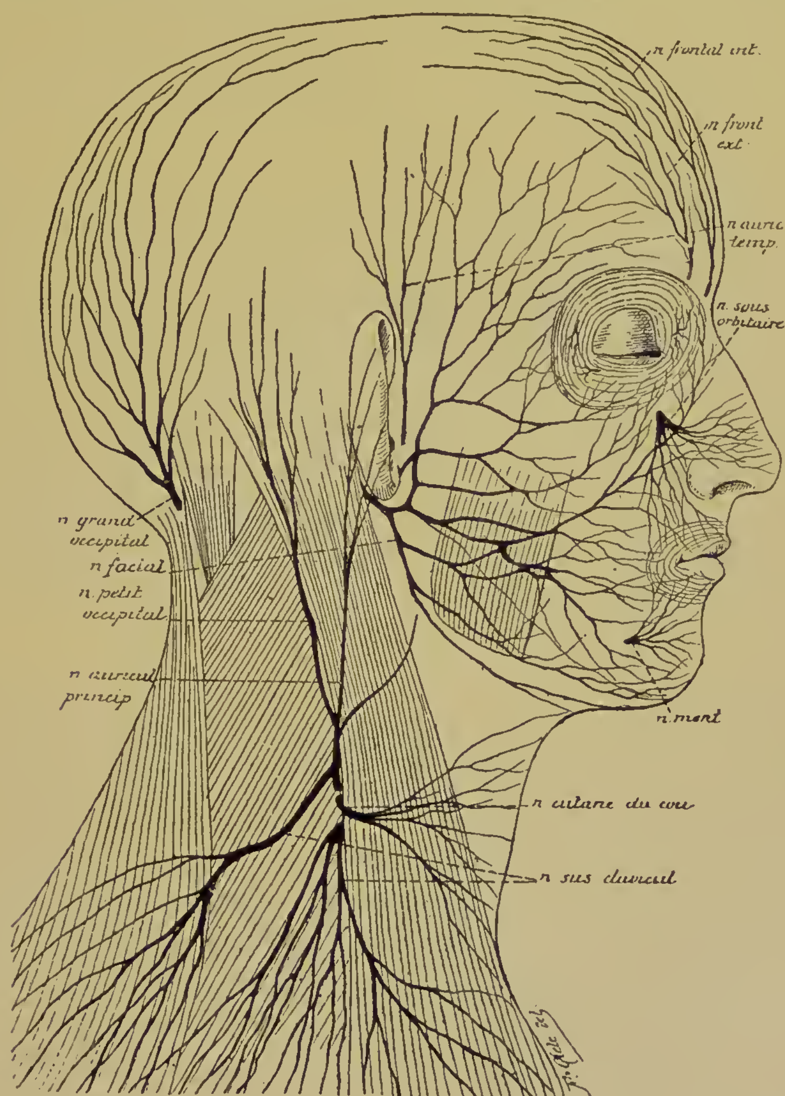


FIG. 280.

Branches cutanées du plexus cervical. Gr. nat. 1/2.

divise en une branche antérieure *(ramus anterior)* qui va innerver la peau de la région parotidéo-massétérine en même temps qu'une partie de la face externe du pavillon de l'oreille, et une branche postérieure

(ramus posterior) qui porte la sensibilité à toute l'étendue de la face interne du pavillon de l'oreille.

Le *nerf cutané du cou (n. cutaneus colli)* provient du troisième nerf cervical ; il contourne le bord postérieur du muscle sterno-cléïdo-mastoïdien pour se diriger horizontalement en avant entre ce muscle et le peaucier. Il passe en dessous de la veine jugulaire externe et, arrivé vers le bord antérieur du sterno-cléïdo-mastoïdien, il se divise en branches terminales ascendantes *(rami superiores)* qui portent la sensibilité à la peau qui recouvre la région sus-hyoïdienne et en branches terminales descendantes *(rami inferiores)* pour la peau de la région sous-hyoïdienne.

Les *nerfs sus-claviculaires (Nn. supraclaviculares)* proviennent en nombre variable du quatrième nerf cervical. Ils sortent derrière le bord postérieur du muscle sterno-cléïdo-mastoïdien recouverts par le muscle peaucier. Ils traversent le triangle sus-claviculaire en s'écartant les uns des autres et perforent l'aponévrose cervicale et le muscle peaucier en passant au-dessus de la clavicule. Les fibres les plus internes innervent la peau qui recouvre la poignée du sternum et la partie supérieure du muscle grand pectoral; les fibres moyennes sont destinées à la peau de la paroi thoracique antérieure jusqu'au niveau de la quatrième côte, tandis que les fibres les plus externes se rendent à la peau de la partie supérieure de l'épaule.

Plexus brachial. Le plexus brachial est constitué par les anastomoses des branches antérieures des quatre derniers nerfs cervicaux et du premier nerf dorsal. Il commence sur les parties latérales des vertèbres cervicales inférieures et s'étend jusque en dessous de la clavicule où il donne naissance à ses branches terminales. Il a, dans son ensemble, une forme triangulaire à base interne. Celle-ci correspond aux apophyses transverses des vertèbres cervicales inférieures. Formé à ce niveau par les cinq branches nerveuses indépendantes, le plexus brachial est situé au-dessus de la première côte, au-dessus et en arrière de l'artère sous-clavière, dans l'espace triangulaire compris entre le muscle scalène antérieur, le muscle scalène moyen et la face supérieure de la première côte. De là, les branches constitutives se dirigent en bas et en dehors en s'anastomosant les unes avec les autres d'une façon quelque peu variable et produisent, en dessous de la clavicule, trois troncs volumineux, deux antérieurs et un postérieur, d'où partent les branches terminales. La disposition la plus continue est la suivante, FIG. 281.

Le cinquième nerf cervical s'anastomose d'abord avec le quatrième nerf cervical, puis se réunit au sixième nerf cervical pour former un nerf volumineux. Celui-ci, après un trajet d'une longueur variable, se divise en une branche antérieure et une branche postérieure.

Le septième nerf cervical reste d'abord indépendant des nerfs voisins, puis il se divise en une branche antérieure et une branche postérieure.

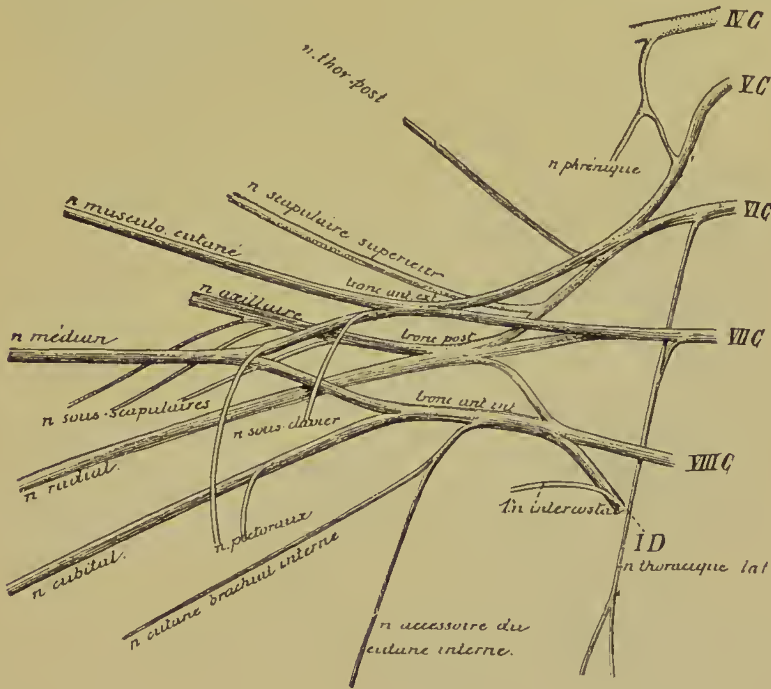


FIG. 281.

Constitution du plexus brachial. Gr. nat. 1/2.

Le huitième nerf cervical se réunit au premier nerf dorsal. Le tronc qui en résulte se divise également en une branche antérieure et une branche postérieure.

Les trois branches postérieures se réunissent en un tronc volumineux : c'est le *tronc postérieur (fasciculus posterior)* d'où partent, comme branches terminales, le *nerf circonflexe* et le *nerf radial*.

La branche antérieure du septième nerf cervical se réunit avec la branche correspondante provenant du tronc formé par les cinquième et sixième nerfs cervicaux, pour constituer le *tronc antéro-externe (fasciculus lateralis)* d'où partent, comme branches terminales, le *nerf musculo-cutané* et la *racine externe du nerf médian*.

La branche antérieure provenant du huitième nerf cervical et du

premier nerf dorsal reste indépendante et devient le *tronc antéro-interne (fasciculus médialis);* celui-ci donne naissance à quatre branches terminales : la *racine interne du nerf médian*, le *nerf cutané brachial interne*, l'*accessoire du cutané brachial interne* et le *nerf cubital.*

Les branches du plexus brachial se divisent en *branches anastomotiques,* en *branches collatérales* et en *branches terminales.* Les branches collatérales elles-mêmes peuvent se subdiviser en deux groupes : celles qui proviennent du plexus au-dessus de la clavicule, dans le triangle sus-claviculaire, et celles qui proviennent du plexus en-dessous de la clavicule, dans le creux axillaire.

1° *Branches anastomotiques.* Chaque nerf cervical un peu en dehors du trou de conjugaison, avant la constitution même du plexus, est relié au ganglion voisin du sympathique par un ou deux rameaux communicants. Cette anastomose se fait avec le ganglion cervical moyen pour les cinquième et sixième nerfs cervicaux, avec le ganglion cervical inférieur pour les septième et huitième nerfs cervicaux, et avec le premier ganglion thoracique pour le premier nerf dorsal.

Le cinquième nerf cervical est relié à la branche inférieure du plexus cervical par une anse nerveuse d'où sort souvent le nerf phrénique.

2° *Branches collatérales. a) Branches sus-claviculaires.* Au-dessus de la clavicule le plexus brachial fournit le *nerf du muscle sous-clavier*, le *nerf scapulaire supérieur*, le *nerf thoracique postérieur,* le *nerf thoracique latéral* ou *nerf respiratoire de Ch. Bell* et les *nerfs thoraciques antérieurs.*

Le *nerf du muscle sous-clavier (n. subclavius)* est très grêle. Il provient du tronc antéro-externe du plexus, descend verticalement en bas au-devant du muscle scalène antérieur un peu en dehors du nerf phrénique, passe derrière la clavicule et va se terminer dans le muscle sous-clavier.

Le *nerf scapulaire supérieur (n. suprascapularis)*, assez volumineux, provient du tronc postérieur du plexus. Il se dirige transversalement en dehors en longeant le bord postérieur de la clavicule, accompagné de l'artère scapulaire supérieure. Il passe sous le muscle trapèze, arrive au bord supérieur de l'omoplate, traverse le trou coracoïdien et pénètre dans la fosse sus-épineuse où il donne des filets au muscle sus-épineux. Il contourne ensuite le bord externe de l'épine de l'omoplate, abandonne quelques filets à l'articulation scapulo-humérale, puis se termine dans le muscle sous-épineux.

Le *nerf thoracique postérieur (n. dorsalis scapulae)* provient du cinquième nerf cervical, il se dirige en arrière en traversant les muscles scalène moyen et scalène postérieur, descend entre ce dernier muscle et l'angulaire de l'omoplate auquel il fournit quelques rameaux, puis se termine dans le muscle rhomboïde.

FIG. 282.

Quelques branches collatérales et terminales du plexus brachial.

Le *nerf thoracique latéral* ou *nerf respiratoire de Ch. Bell (n. thoracalis longus)* présente deux racines : l'une provient du sixième et l'autre du septième nerf cervical. Ces racines se dirigent en arrière,

traversent le scalène moyen puis se réunissent en un tronc unique. Celui-ci passe derrière la clavicule, descend le long de la face latérale de la cage thoracique entre le muscle sous-scapulaire et les pectoraux, appliqué sur la face externe du muscle grand dentelé qu'il innerve.

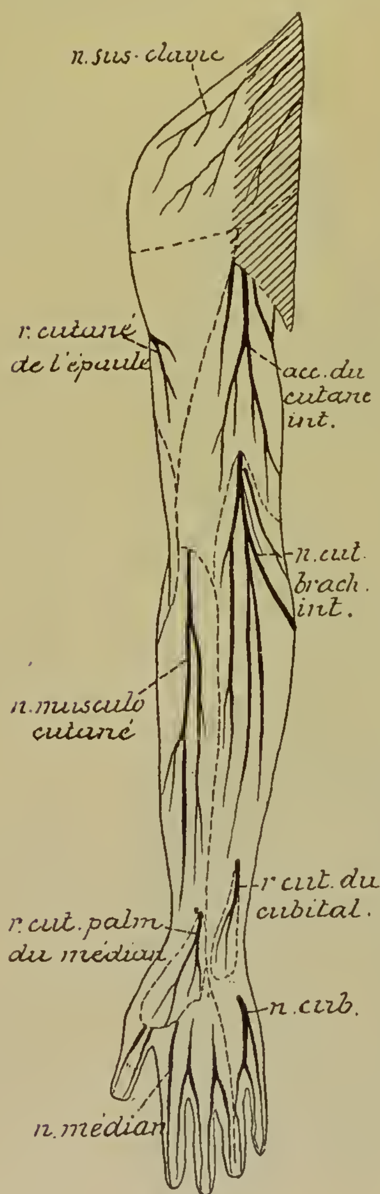


Fig. 283.

Les nerfs cutanés de la face antérieure du membre supérieur.

Les *nerfs thoraciques antérieurs* ou *nerfs pectoraux (nn. thoracales anteriores)* sont au nombre de deux. L'un, destiné au grand pectoral, provient du tronc antéro-externe du plexus ; il passe derrière la clavicule, au-devant de l'artère axillaire, et va se terminer dans le muscle grand pectoral. L'autre, destiné au muscle petit pectoral, provient du tronc antéro-interne du plexus, passe derrière l'artère axillaire, s'anastomose avec le nerf du muscle grand pectoral, puis se termine dans le muscle petit pectoral. Quelques filets nerveux traversent ce dernier muscle pour se rendre également dans le grand pectoral.

b) Branches sous-claviculaires. En dessous de la clavicule le plexus brachial fournit les *nerfs sous-scapulaires (Nn. subscapulares)*, FIG. 282. Ceux-ci sont au nombre de trois et proviennent du tronc postérieur du plexus. Ils descendent en bas au devant du muscle sous-scapulaire et se terminent : le premier, dans la partie supéro-interne du muscle sous-scapulaire, le deuxième, dans la partie externe du même muscle et dans le muscle grand rond, le troisième, le plus volumineux, s'épuise dans le muscle grand dorsal.

3° *Branches terminales.* Les branches terminales proviennent du plexus brachial au niveau de l'articulation scapulo-humérale. Elles sont au nombre de sept : le *nerf musculo-cutané*, le *nerf médian*, le *nerf cutané brachial interne*, le *nerf accessoire du*

cutané interne, et le *nerf cubital* forment le groupe superficiel. Ils proviennent des deux troncs antérieurs. Le *nerf radial* et le *nerf axillaire* ou *nerf circonflexe* provenant du tronc postérieur forment le groupe profond.

Nerf musculo-cutané (N. musculocutaneus). C'est la plus externe de toutes les branches terminales du plexus brachial. Avec la racine externe du nerf médian, elle provient du tronc antéro-externe du plexus. Ce nerf se dirige en bas et en dehors en passant au-devant du tendon du muscle sous-scapulaire, perfore le muscle coraco-brachial, se met entre le biceps et le brachial antérieur et longe ainsi toute la région antérieure du bras, FIG. 282. Au pli du coude, il occupe le bord externe du tendon du biceps, traverse l'aponévrose du bras et devient sous-cutané *(n. cutaneus antibrachii lateralis).* Il se divise alors en deux branches terminales dont l'une passe devant et l'autre derrière la veine médiane céphalique; ces branches vont porter la sensibilité à la peau qui recouvre la région antéro-externe de l'avant-bras depuis le pli du coude jusqu'à la main, FIG. 283. Pendant son trajet le long du bras, le nerf musculo-cutané donne des branches collatérales *(rami musculares)* qui innervent le muscle coraco-brachial, les deux chefs du biceps et le brachial antérieur.

Nerf median (N. medianus). Il provient du plexus brachial par deux racines qui se continuent avec les deux troncs antérieurs du plexus. Ces racines se réunissent en bas en un tronc unique de façon à circonscrire un V ouvert en haut et en dedans dans lequel chemine l'artère axillaire. A son origine le nerf médian est situé un peu en dehors de l'artère axillaire, entre le nerf musculo-cutané qui est en dehors et le nerf cubital qui est en dedans. Il descend, avec l'artère humérale, le long du bord interne du bras, dans l'interstice qui sépare le biceps du brachial antérieur. Placé d'abord au-devant et un peu en dehors de l'artère, le nerf médian passe insensiblement au-devant puis en dedans de l'artère. Arrivé au pli du coude il repose sur le muscle brachial antérieur, il passe alors en dessous d'une arcade aponévrotique formée par le muscle rond pronateur, croise l'artère cubitale qui devient interne et se met sur la ligne médiane, dans la région antérieure de l'avant-bras, entre le muscle fléchisseur superficiel et le muscle fléchisseur profond. Près de l'articulation radio-carpienne il devient sous-aponévrotique, étant situé entre le tendon du grand palmaire et celui du petit palmaire. Il passe sous le liga-

ment annulaire antérieur du carpe au-devant des tendons des fléchisseurs et, arrivé dans la paume de la main, il se divise en branches terminales.

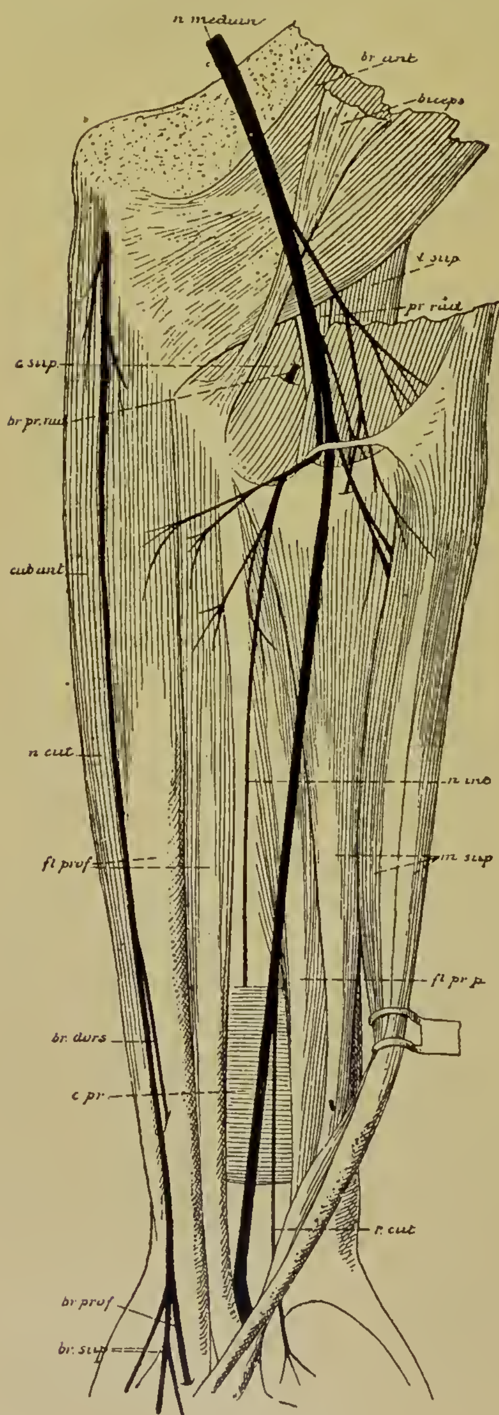


Fig. 284.
Les branches du nerf médian dans la région antérieure de l'avant-bras. Gr. nat. 1/2.

Branches collatérales. Le long du bras le nerf médian ne fournit aucune branche collatérale. Au pli du coude il fournit quelques rameaux articulaires au ligament antérieur de l'articulation, puis, le long de l'avant-bras, un grand nombre de branches collatérales destinées à innerver tous les muscles de l'avant-bras, à l'exception du muscle cubital antérieur et de la partie interne du muscle fléchisseur profond qui reçoivent leur innervation du nerf cubital. Toutes ces branches naissent du nerf médian un peu en dessous du pli du coude, FIG. 284. La branche destinée au muscle carré pronateur est longue et grêle, elle porte un nom spécial : c'est le *nerf interosseux antérieur (N. interosseus volaris).* On le trouve sur la face antérieure du ligament interosseux, accompagné de l'artère et des veines interosseuses, entre le muscle fléchisseur profond des doigts et le long fléchisseur propre du pouce. Il se termine dans le muscle carré pronateur et donne quelques filets à l'articulation radio-carpienne.

Un peu au-dessus de l'articulation radio-carpienne, le nerf médian

fournit encore une branche cutanée : le *rameau cutané palmaire (ramus palmaris n. mediani)* ; celui-ci traverse l'aponévrose antibrachiale pour devenir sous-cutané, passe au devant du ligament annulaire antérieur du carpe et se distribue à la peau de l'éminence thénar et à la paume de la main.

Branches terminales. En dessous du ligament annulaire antérieur du carpe, le nerf médian se résout en cinq branches terminales : les *nerfs digitaux palmaires communs (nn. digitales volares communes)* FIG. 285.

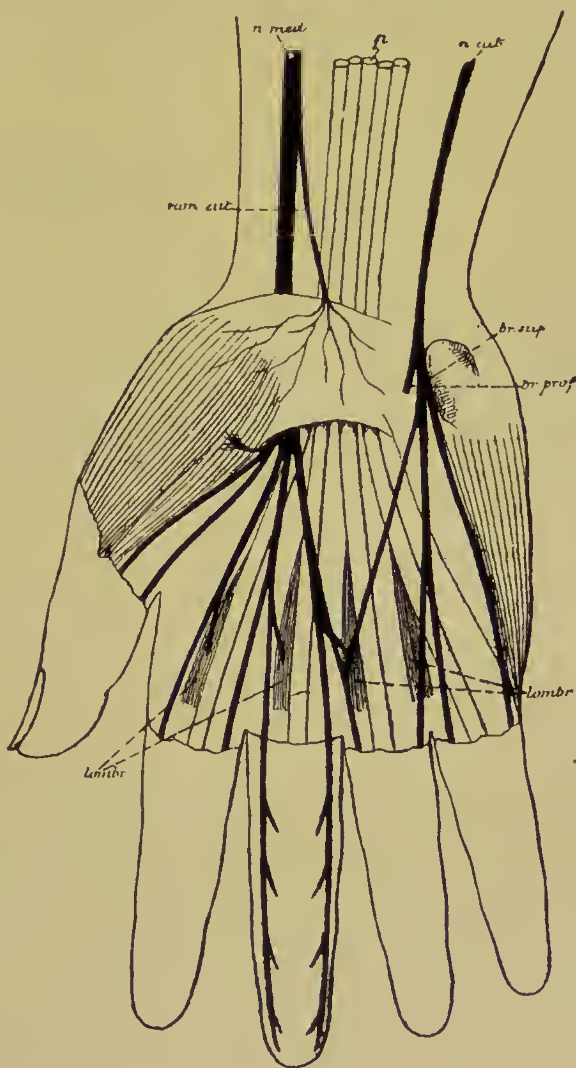


FIG. 285.

Les nerfs superficiels à la face palmaire de la main. Gr. nat. 1/2.

La première, très courte, se rend dans l'éminence thénar pour y innerver les trois muscles : court abducteur, court fléchisseur et opposant. La deuxième branche longe le tendon du muscle long fléchisseur propre du pouce et se subdivise en deux branches plus grêles, les *nerfs digitaux palmaires propres (nn. digitales volares proprii)* dont l'une va porter la sensibilité au bord externe du pouce : *nerf collatéral palmaire externe du pouce* et l'autre innerve la peau du bord interne du pouce : *nerf collatéral palmaire interne du pouce.*

La troisième branche innerve le premier lombrical et donne la sensibilité au bord externe de la face palmaire de l'indicateur : *nerf collatéral palmaire externe de l'index.*

La quatrième branche descend dans la paume de la main, innerve

le deuxième muscle lombrical et se subdivise en *nerf collatéral palmaire interne de l'index* et *nerf collatéral palmaire externe du médius.*

La cinquième branche innerve quelquefois le troisième muscle lombrical, s'anastomose avec la branche superficielle du nerf cubital, *(ramus anastomoticus cum n. ulnari)* puis se subdivise en *nerf collatéral palmaire interne du médius* et *nerf collatéral palmaire externe de l'annulaire.*

Littérature.

Rauber : *Die letzten spinalen Nerven und Ganglien.* Morphologisches Jahrbuch, 1877. — His : *Die anatomiche Nomenclatur.* Archiv. f. Anat. und Phys., Anatom. Abth.. Supplement Bd. 1895. — Sano : *Les localisations motrices de la moelle épinière.* Bruxelles. 1890. — Kohnstamm : *Zur Anatomie und Physiologie des Phrenicuskerns.* Forstschrifte der Medicin. 1898. — Sano : *Nucleus diaphragmae. Etude sur l'origine réelle du nerf diaphragmatique.* Journal médical de Bruxelles. 1898.

VINGT-DEUXIÈME LEÇON

Les nerfs spinaux ou nerfs rachidiens.

(Suite)

Plexus cervical : Nerf cutané brachial interne. Nerf accessoire du cutané interne. Nerf cubital. Nerf radial. Nerf axillaire. — Nerfs dorsaux. — Nerfs lombaires. Plexus lombaire : Nerf lombro-sacré. Nerf obturateur. Nerf crural.

Nous avons commencé, dans la dernière leçon, l'étude des branches terminales du plexus brachial. Ces branches sont au nombre de sept. Nous avons décrit le trajet périphérique de deux de ces branches : le *nerf musculo-cutané* et le *nerf médian*. Il nous reste encore

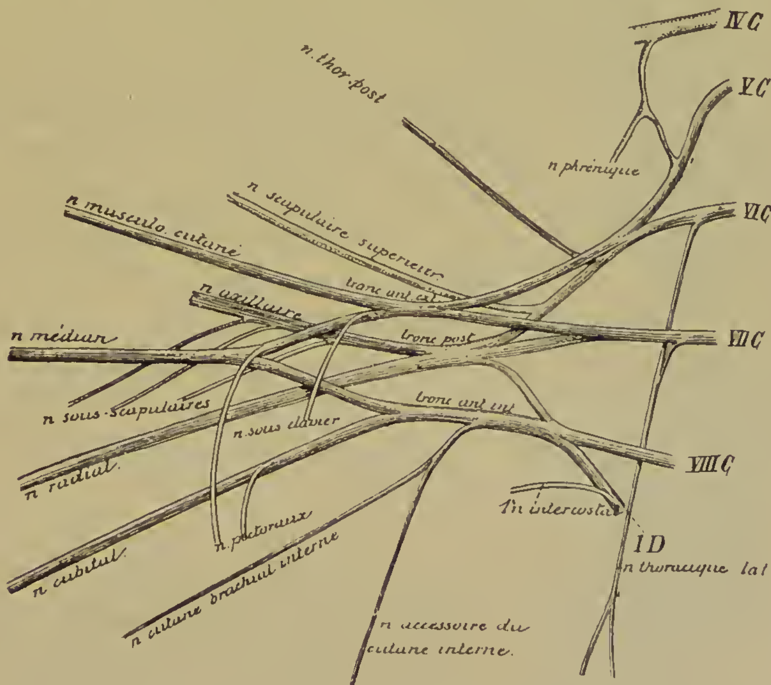


FIG. 286.

Constitution du plexus brachial. Gr. nat. 1/2.

à étudier le trajet et le mode de distribution du *nerf cutané brachial interne*, du *nerf accessoire du cutané interne*, du *nerf cubital*, du *nerf radial* et du *nerf axillaire* ou *circonflexe*.

Nerf cutané brachial interne (n. cutaneus antibrachii medialis). Ce nerf provient, avec la racine interne du nerf médian et avec le nerf cubital, du tronc antéro-interne du plexus brachial, FIG. 286. Il descend le long du bras, au-devant de l'artère humérale, entre le nerf médian et le nerf cubital. Arrivé vers la partie moyenne du bras, il traverse l'orifice de l'aponévrose brachiale qui donne passage à la veine basilique et devient sous-cutané. Il se divise alors en deux branches terminales qui vont porter la sensibilité à la peau de la partie inférieure et interne du bras et à celle qui recouvre la région antéro-interne de l'avant-bras jusqu'au poignet, FIG. 287.

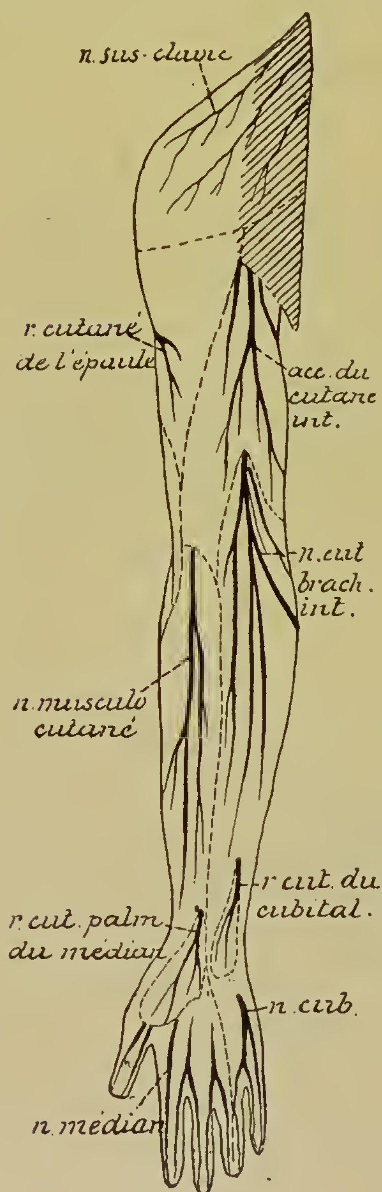


FIG. 287.
Les nerfs cutanés de la face antérieure du membre supérieur.

Nerf accessoire du cutané brachial interne (n. cutaneus brachii medialis). Il provient du même tronc nerveux qne le précédent, FIG. 286; d'abord situé en arrière de la veine axillaire, il se place plus bas en dedans de cette veine et s'anastomose avec le rameau perforant du deuxième nerf intercostal. De ce tronc unique partent alors des branches terminales qui portent la sensibilité à la peau du creux axillaire et à celle qui recouvre la face interne du bras jusqu'au niveau de l'épicondyle, FIG. 287.

Nerf cubital (n. ulnaris). Il naît du tronc antéro-interne du plexus brachial, origine qui lui est commune avec la racine interne du nerf médian, le nerf cutané brachial interne et son accessoire, FIG. 286. Il descend le long de la face interne du bras, au-devant du nerf radial, en dedans du nerf médian, de l'artère axillaire et de l'artère brachiale. Arrivé vers le milieu de la région interne du bras, il se dirige en arrière,

traverse la cloison intermusculaire interne le long de laquelle il descend. Il parcourt la gouttière située entre l'épicondyle et l'olécrane, passe sous une arcade aponévrotique étendue entre les insertions supérieures du muscle cubital antérieur, se recourbe un peu en avant et arrive ainsi à la face antérieure de l'avant-bras. Il descend entre le muscle cubital antérieur et le muscle fléchisseur profond des doigts étant accompagné, dans la moitié inférieure de l'avant-bras, de l'artère cubitale qui est placée en dehors. Au niveau de l'articulation radio-carpienne il devient tout-à-fait sous-aponévrotique, passe avec l'artère cubitale au-devant du ligament annulaire antérieur du carpe, dans un canal ostéo-fibreux formé par ce ligament, l'os pisiforme et une expansion aponévrotique du muscle cubital antérieur, et pénètre ainsi dans la paume de la main où il se divise en branches terminales.

Fig. 288.
Les branches du nerf médian dans la région antérieure de l'avant-bras. Gr. nat. 1/2.

Branches collatérales. Le long du bras le nerf cubital ne fournit aucune branche collatérale.

Les branches collatérales fournies le long de l'avant-bras peuvent se diviser en branches *articulaires*, *musculaires* et *cutanées*.

Les branches articulaires sont destinées à la partie postérieure de l'articulation du coude. Elles proviennent du nerf cubital pendant son trajet dans la gouttière olécranienne.

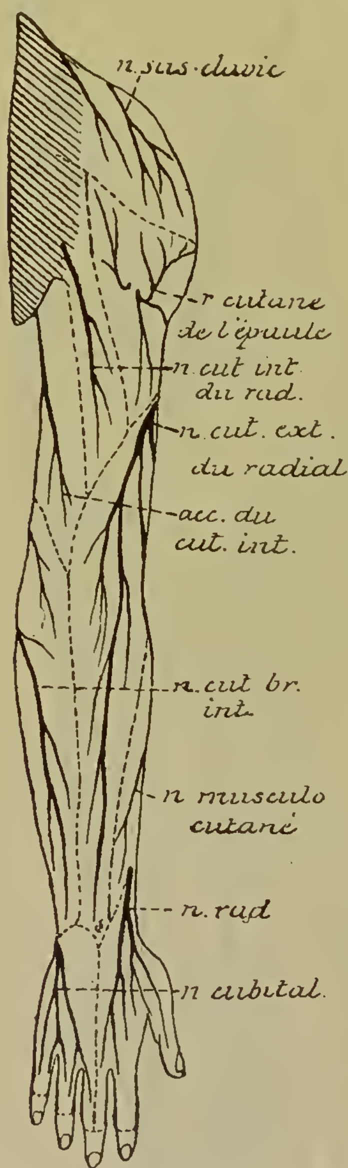


FIG. 289.
Les nerfs cutanés de la face postérieure du membre supérieur.

Les branches musculaires proviennent du nerf cubital au moment où il passe en dessous de l'insertion supérieure du muscle cubital antérieur. Elles sont destinées à ce muscle et à la partie interne du muscle fléchisseur profond des doigts, FIG. 287.

Les branches cutanées, réunies en un tronc assez volumineux *(ramus dorsalis manus)*, naissent du nerf cubital un peu au-dessus de l'articulation radio-carpienne. Ce tronc contourne le cubitus en passant en dessous du tendon du cubital antérieur. Arrivé ainsi dans la région postérieure de l'avant-bras, FIG. 289, il traverse l'aponévrose, devient sous-cutané et se divise en branches terminales qui vont porter la sensibilité à la peau qui recouvre la partie interne du dos de la main, et la face dorsale de la première phalange du petit doigt, de l'annulaire et de la partie externe du doigt médian *(nn. digitales dorsales)*.

Branches terminales. Arrivé dans la paume de la main, vers l'extrémité supérieure de l'éminence hypothénar, le nerf cubital, devenu *rameau palmaire (ramus volaris manus)*, se divise en une branche superficielle et une branche profonde, FIG. 290.

La *branche superficielle (ramus superficialis)* innerve le muscle cutané palmaire, fournit des filets à la peau de l'éminence hypothénar et s'anastomose avec la branche voisine du nerf médian, puis se divise en deux rameaux, les *nerfs digitaux palmaires communs (nn. digitales volares communes)* : l'interne gagne le côté correspondant de l'auriculaire, c'est le *nerf collatéral palmaire interne du petit doigt;*

l'externe se subdivise pour eonstituer le *nerf collatéral palmaire externe du petit doigt* et le *nerf collatéral palmaire interne de l'annulaire.*

Les nerfs eollatéraux palmaires du eubital *(nn. digitales volares proprii)* aussi bien que eeux du nerf médian s'étendent jusqu'à l'extrémité distale de la troisième phalange. Ils présentent sur leur trajet de nombreux corpuseules de Pacini et envoient des filets à toute la face palmaire des doigts et à la face dorsale de la deuxième et de la troisième phalanges. Pendant leur trajet dans la paume de la main, ils sont situés en dessous de l'aponévrose palmaire moyenne. Ils ne deviennent sus-aponévrotiques que près de l'articulation métaearpo-phalangienne en passant en-dessous des arcades interdigitales de l'aponévrose palmaire moyenne.

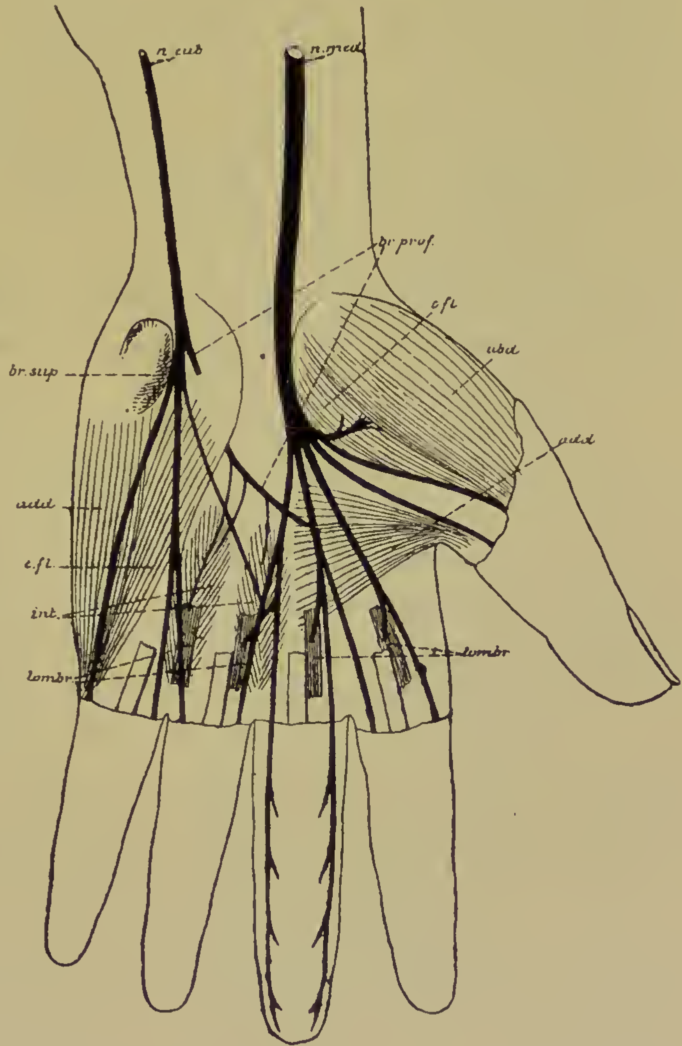


Fig. 290.

Les nerfs superficiels et profonds de la face palmaire de la main. Gr. nat. 1/2.

La *branche profonde (ramus profundus)* traverse d'avant en arrière les muscles de l'éminenee hypothénar qu'elle innerve, se dirige ensuite en dehors, derrière les tendons des muscles fléchisseurs, au-devant de l'extrémité proximale des métaearpiens, aecompagné de l'areade palmaire profonde, et va se terminer dans le muscle addueteur du pouce. Pendant ce trajet, elle envoie des filets nerveux aux artieulations du earpe, au troisième et au quatrième muscle lombrieal et à tous les muscles interosseux palmaires et dorsaux *(rami musculares).*

Nerf radial (N. radialis). C'est la plus volumineuse de toutes les branches terminales du plexus brachial. Le nerf radial se continue directement avec le tronc postérieur de ce plexus, étant situé, à son origine, au-devant des tendons du muscle grand rond et du muscle grand dorsal, en arrière de l'artère axillaire et du nerf cubital. Il se dirige alors en bas et en dehors, s'engage avec l'artère humérale profonde dans la gouttière radiale de l'humérus entre le vaste interne et le vaste externe du biceps brachial. Il contourne dans cette gouttière la face postérieure de l'os du bras, traverse la cloison intermusculaire externe au niveau de l'insertion supérieure du muscle long supinateur, puis descend dans la région du pli du coude étant situé profondément entre le muscle long supinateur et le muscle brachial antérieur. Arrivé près de l'épicondyle, il se divise en deux branches terminales : l'une superficielle et l'autre profonde.

Branches collatérales. Pendant son trajet le long du bras, le nerf radial fournit plusieurs branches collatérales.

1° Le *nerf cutané interne du radial* ou *nerf cutané postérieur du bras (n. cutaneus brachii posterior).* Il provient du radial au moment de son entrée dans la gouttière de l'humérus, traverse directement l'aponévrose du bras pour devenir sous-cutané et porte la sensibilité à la partie postéro-interne du bras jusque près de l'olécrane.

2° Le *nerf du triceps et de l'anconé.* Pendant son trajet dans la gouttière humérale, le nerf radial abandonne un grand nombre de filets qui vont innerver les trois chefs du triceps brachial. Un de ces filets, destiné au vaste externe, se termine dans le muscle *anconé.*

3° Le *nerf cutané externe du radial* ou *nerf cutané dorsal de l'avant-bras (n. cutaneus antibrachii dorsalis)* FIG. 289. Il provient du nerf radial à l'extrémité inférieure de la gouttière humérale, traverse l'aponévrose du bras entre le long supinateur et le vaste externe, donne quelques filets à la peau de la partie inférieure du bras, passe entre l'épicondyle et l'olécrane et se distribue à la peau qui recouvre la face postérieure de l'avant-bras.

4° Un peu au-dessus du pli du coude, il donne les filets nerveux pour le muscle long supinateur et pour le premier radial externe, FIG. 291.

Branches terminales. Le *nerf radial superficiel (ramus superficialis)* est exclusivement sensitif. Il descend verticalement en bas sur le côté externe de la région antérieure de l'avant-bras, en dedans du muscle

long supinateur et des deux muscles radiaux, en dehors de l'artère radiale. Vers le tiers inférieur de l'avant-bras, ce nerf contourne le radius en passant sous le tendon du muscle long supinateur et devient dorsal. Il traverse l'aponévrose antibrachiale, s'anastomose avec une branche du nerf musculo-cutané et se divise un peu au-dessus de l'articulation radio-carpienne en deux branches dont l'externe va devenir le nerf collatéral dorsal externe du pouce, tandis que l'interne se divise et se subdivise encore pour fournir les nerfs collatéraux dorsaux *(nn. digitales dorsales)* interne du pouce, externe et interne de l'indicateur et du médius. Les nerfs collatéraux dorsaux du pouce portent la sensibilité jusqu'à l'extrémité distale de la seconde phalange, tandis que les nerfs collatéraux dorsaux des autres doigts n'innervent que la peau de la première phalange, FIG. 292.

Le *nerf radial profond (ramus profondus)* est une branche exclusivement motrice. Elle est plus volumineuse que la branche superficielle. Un peu en dessous de son origine elle donne des filets au muscle second radial externe, traverse le court supinateur et l'innerve, FIG. 291, contourne la partie supérieure du radius et arrive à la face postérieure de l'avant-bras entre le plan musculaire superficiel et le plan musculaire profond, FIG. 293. Il abandonne dans cette région de nombreux filets qui vont innerver les muscles des deux plans, puis, considérablement réduit et appliqué sur la face postérieure du ligament interosseux sous le nom de *nerf interosseux postérieur (n. interosseus dorsalis)*, il va se terminer dans les articulations du carpe.

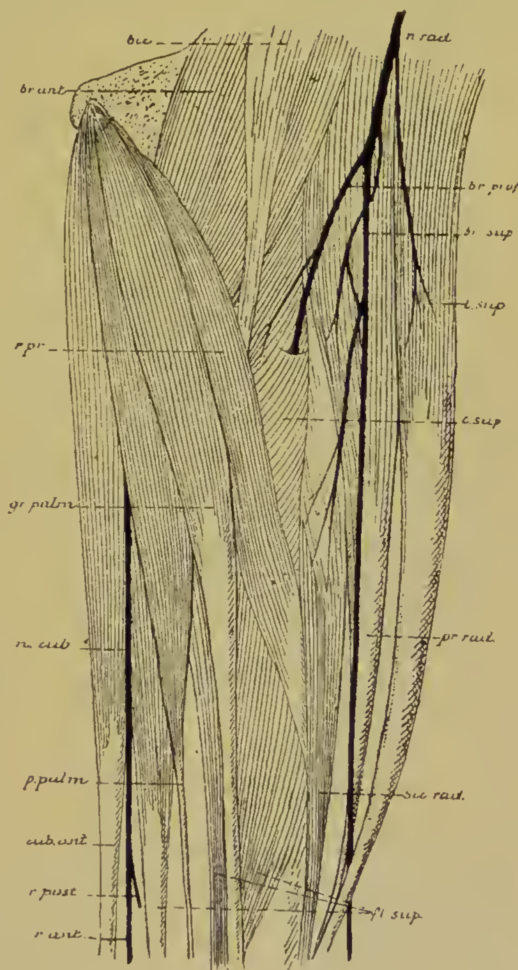


FIG. 291.

Nerf axillaire ou circonflexe (n. axillaris). Il provient, avec le nerf

radial, du tronc postérieur du plexus brachial, descend derrière l'artère axillaire, au-devant du muscle sous-scapulaire. Il passe, avec l'artère circonflexe postérieure, par une ouverture quadrilatère limitée

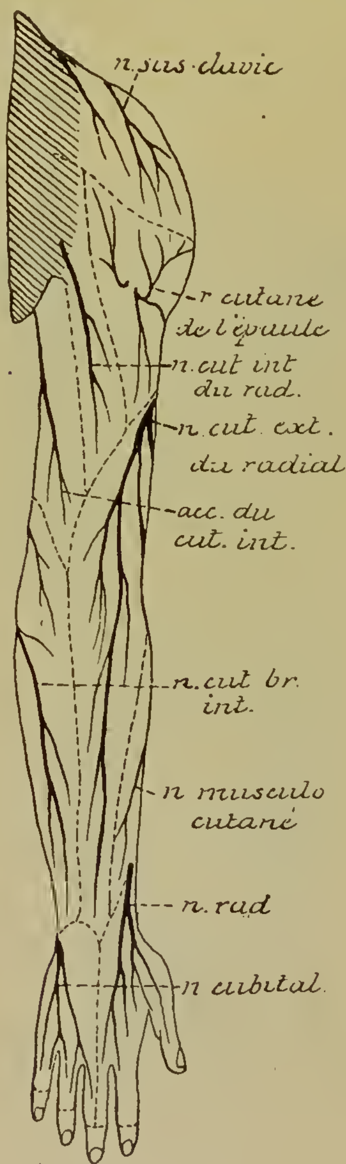


FIG. 292.
Les nerfs cutanés de la face postérieure du membre supérieur.

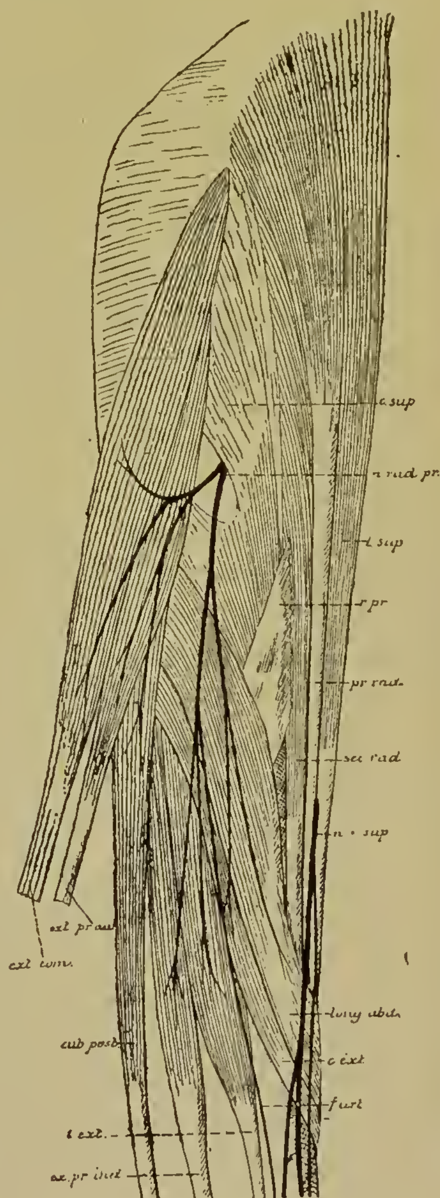


FIG. 293.

par le bord inférieur du muscle sous-scapulaire, le bord supérieur des tendons réunis du grand dorsal et du grand rond, l'humérus et la longue portion du triceps, contourne le col chirurgical de l'os et gagne la face profonde du muscle deltoïde dans lequel il se termine.

Pendant ce trajet le nerf axillaire fournit :

a) Des rameaux articulaires pour l'articulation scapulo-humérale.

b) Le nerf du muscle petit rond.

c) Le nerf cutané de l'épaule *(n. cutaneus brachii lateralis)*. Celui-ci contourne le bord postérieur du muscle deltoïde et donne des rameaux ascendants, horizontaux et descendants qui portent la sensibilité à la peau qui recouvre la partie postérieure du deltoïde et la partie supérieure de la face postérieure du bras.

Nerfs dorsaux.

Les nerfs dorsaux *(nn. thoracales)* sont au nombre de douze. Le premier passe par le trou de conjugaison formé par le premier et le deuxième nerf dorsal ; le douzième, par le trou invertébral situé entre la douzième vertèbre dorsale et la première vertèbre lombaire.

L'extrémité inférieure de la moelle dorsale, c'est-à-dire l'endroit où le dernier filet radiculaire du douzième nerf dorsal sort de la moelle épinière, descend dans le canal rachidien jusqu'au niveau du corps de la dixième vertèbre dorsale. Rapportée aux apophyses épineuses des vertèbres, cette limite inférieure correspond au bord inférieur de l'apophyse épineuse de la dixième vertèbre dorsale (Reid).

Au sortir du trou de conjugaison, chaque nerf dorsal se divise en une branche antérieure et une branche postérieure.

Branches postérieures.

Les branches postérieures *(rami posteriores)* des nerfs dorsaux sont plus grêles que les branches antérieures. Elles se dirigent en arrière, entre les apophyses transverses des vertèbres dorsales, en dedans du ligament costo-transversaire supérieur. Dès leur entrée dans la gouttière vertébrale, elles se divisent en deux rameaux : un rameau externe *(ramus cutaneus lateralis)* et un rameau interne *(ramus cutaneus medialis)*. Le rameau interne des huit premiers nerfs dorsaux est plus volumineux, celui des quatre derniers nerfs dorsaux, au contraire, plus grêle que le rameau externe correspondant.

Pour les huit premiers nerfs dorsaux, les rameaux externes sont presque exclusivement moteurs, ils innervent avec les filets des rameaux internes tous les muscles profonds du dos. Les rameaux internes renferment surtout des fibres sensitives. Ils traversent le

muscle trapèze tout près de la ligne médiane, deviennent sous-cutanés, se recourbent en dehors et portent la sensibilité à la peau qui recouvre la région dorsale correspondante, FIG. 294.

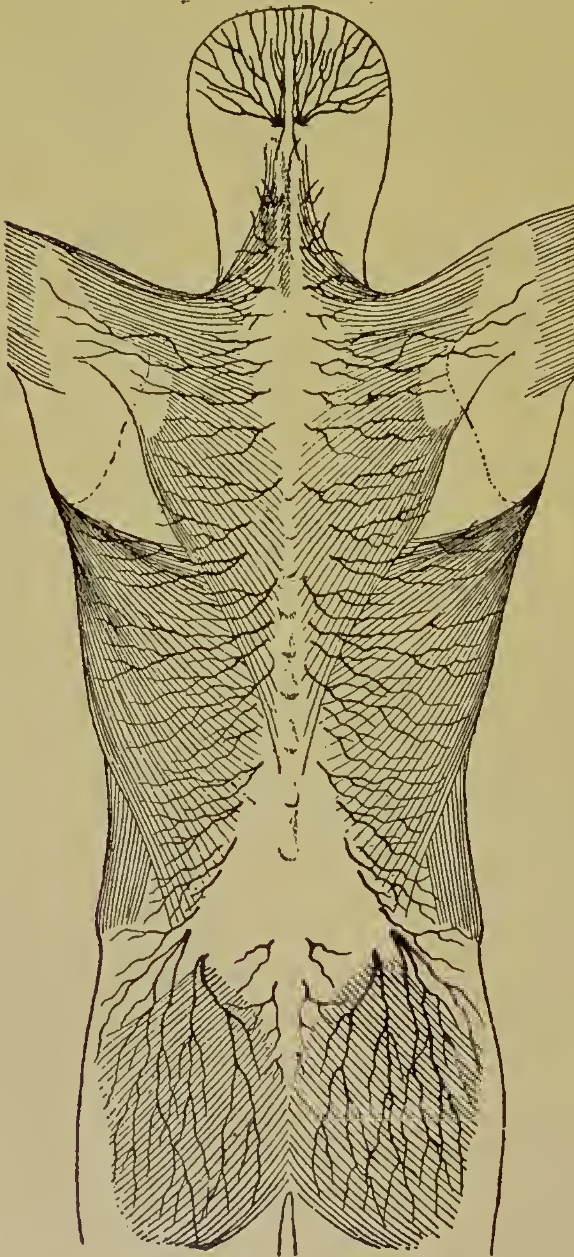


FIG. 294.

Les rameaux cutanés des branches postérieures des nerfs cervicaux, dorsaux, lombaires et sacrés.

Pour les quatre derniers nerfs dorsaux, les rameaux internes sont presque exclusivement musculaires ; ils innervent avec des filets venus des rameaux externes les muscles profonds du dos. Les rameaux externes sont aussi cutanés. Ils traversent les insertions du muscle long dorsal, deviennent sous-cutanés, se divisent en filets internes et en filets externes qui innervent, pour la sensibilité, la peau de la partie correspondante du dos.

Branches antérieures.

Les branches antérieures *(rami anteriores)* des nerfs dorsaux portent le nom de *nerfs intercostaux (nn. intercostales)*, parce qu'elles parcourent d'arrière en avant toute l'étendue des espaces intercostaux. Le premier nerf intercostal parcourt le premier espace tandis que le douzième nerf est situé immédiatement en dessous de la douzième côte.

Chaque nerf intercostal provient du nerf dorsal correspondant

immédiatement en dehors du trou de conjugaison, au devant du ligament costo-transversaire supérieur. Il se dirige vers l'espace intercostal, se place, jusqu'à l'angle de la côte, entre le muscle intercostal externe et la lame fibreuse qui remplace le muscle intercostal interne à égale distance des deux côtes. Vers l'angle de la côte il est recouvert en dedans par le muscle intercostal interne, s'infléchit un peu en haut, gagne le bord inférieur de la côte supérieure et parcourt la gouttière creusée le long de ce bord, depuis l'angle de la côte jusque près du sternum, étant placé en dessous de l'artère et de la veine intercostales.

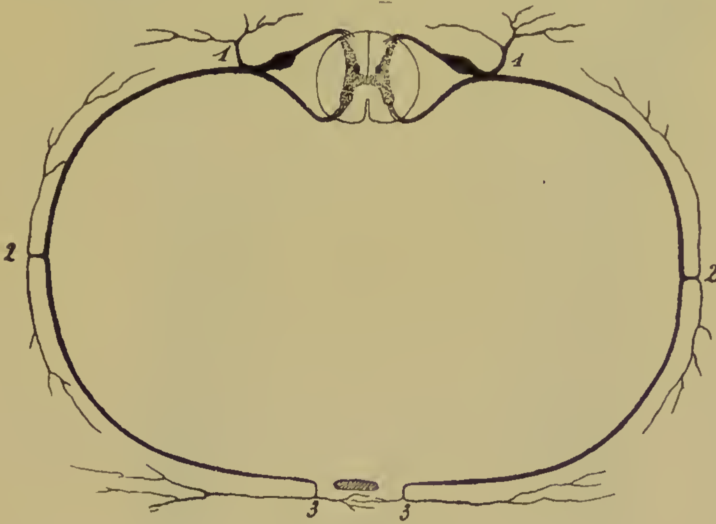


Fig. 295.

Figure schématique montrant l'origine et le mode de distribution des nerfs dorsaux.

1. Branche postérieure du nerf dorsal.
2. Rameau perforant latéral et
3. Rameau perforant antérieur du nerf intercostal.

Les six derniers nerfs intercostaux n'atteignent pas le sternum, mais passent de la paroi thoracique dans la paroi abdominale, entre le muscle petit oblique et le muscle transverse et s'y étendent jusque près de la ligne blanche.

Dans ce trajet, chaque nerf intercostal fournit des rameaux anastomotiques, des rameaux musculaires et des rameaux cutanés, FIG. 295.

Rameaux anastomotiques. Tout près du trou de conjugaison, chaque nerf intercostal s'anastomose avec le ganglion voisin du sympathique par un ou deux rameaux communicants.

Le premier nerf intercostal est excessivement grêle. La plus grande partie de ses fibres prennent part à la constitution du plexus brachial. Le douzième nerf intercostal s'anastomose avec le premier nerf lombaire tout près du trou invertébral.

Rameaux musculaires. Pendant leur trajet dans les espaces intercostaux les six premiers nerfs intercostaux émettent des branches

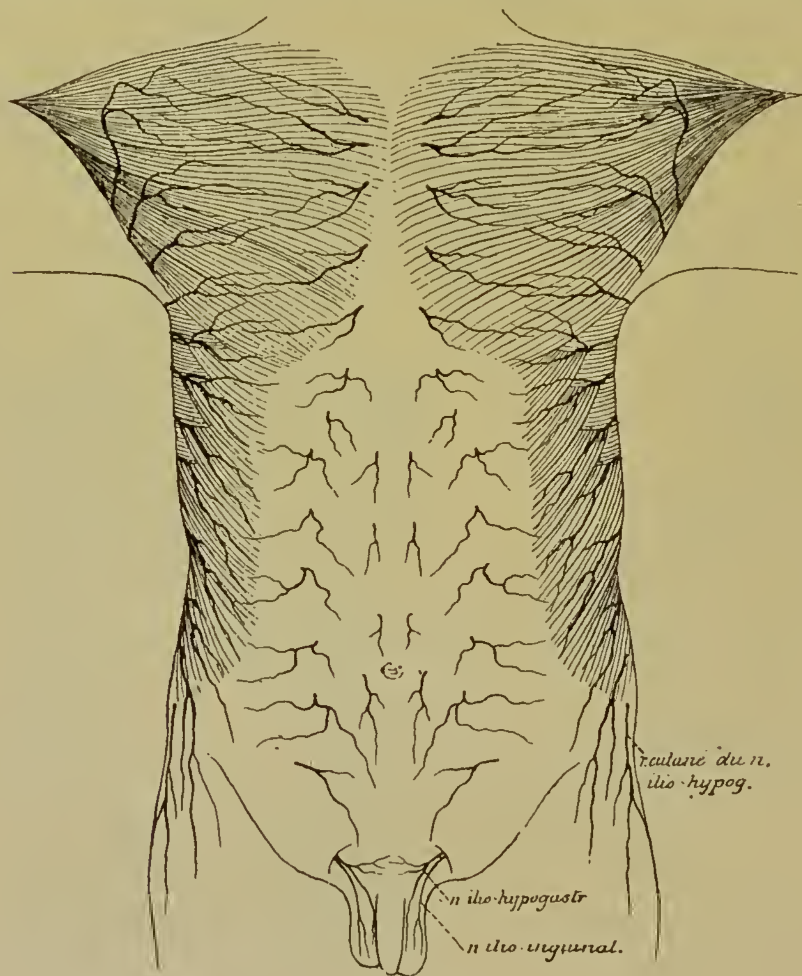


FIG. 296.

Les rameaux cutanés antérieurs et latéraux provenant des nerfs intercostaux.

collatérales qui vont innerver les muscles intercostaux externes et internes, les sous-costaux, le triangulaire du sternum, les sur-costaux et le muscle petit dentelé supérieur. Les six derniers nerfs intercostaux donnent des branches motrices pour les muscles intercostaux, sous-costaux et sur-costaux correspondants, le muscle petit dentelé inférieur

et les muscles de la paroi abdominale antérieure : grand oblique, petit oblique, transverse, grand droit et pyramidal. Enfin quelques fibres se rendent dans la portion lombaire du muscle diaphragme.

Rameaux cutanés. Chaque nerf intercostal fournit un rameau perforant latéral *(ramus cutaneus lateralis)* et un rameau perforant antérieur *(ramus cutaneus anterior).*

Le rameau perforant latéral du premier nerf intercostal manque. Celui du deuxième nerf intercostal se jette tout entier dans le nerf accessoire du cutané brachial interne provenant du plexus brachial.

Les rameaux perforants latéraux des autres nerfs intercostaux traversent, sur les faces latérales de la cage thoracique, au niveau de la ligne axillaire antérieure, soit les muscles intercostaux externes et le grand dentelé; soit les muscles intercostaux externes et le grand oblique et deviennent sous-cutanés. Ils se divisent alors en deux branches terminales, dont l'une, la plus volumineuse, se dirige en avant *(ramus anterior)* et l'autre en arrière *(ramus posterior).* Ces branches vont porter la sensibilité à la peau qui recouvre la région latérale de la cage thoracique et la paroi abdominale latérale.

Les branches antérieures des rameaux perforants latéraux du troisième au sixième nerf intercostal contournent le bord inférieur du muscle grand pectoral pour se distribuer à la peau de la région mammaire *(rami mammarii laterales).*

Le rameau perforant latéral du douzième nerf intercostal croise la crête iliaque et donne la sensibilité à la peau qui recouvre la partie supérieure de la région fessière ; on le désigne sous le nom de *nerf cutané fessier supérieur.*

Les rameaux perforants antérieurs des six premiers nerfs intercostaux traversent le muscle grand pectoral sur le bord latéral du sternum, deviennent sous-cutanés et se terminent par des branches internes à la peau qui recouvre le sternum et par des branches externes plus volumineuses à la peau de la région antérieure du thorax, FIG. 296.

Les rameaux perforants antérieurs des six derniers nerfs intercostaux traversent la gaine du grand droit et se distribuent à la peau de la paroi antérieure de l'abdomen.

Nerfs lombaires.

Il existe cinq paires de nerfs lombaires *(nn. lumbales).* Elles sortent par les trous de conjugaison de la région lombaire du rachis.

Le premier nerf passe entre la première et la deuxième vertèbre lombaire ; le cinquième, entre la cinquième vertèbre lombaire et la base du sacrum. La limite inférieure de la moelle lombaire correspond au corps de la première vertèbre lombaire. Rapportée aux apophyses épineuses du rachis, elle répond au milieu de l'apophyse épineuse de la douzième vertèbre dorsale (REID).

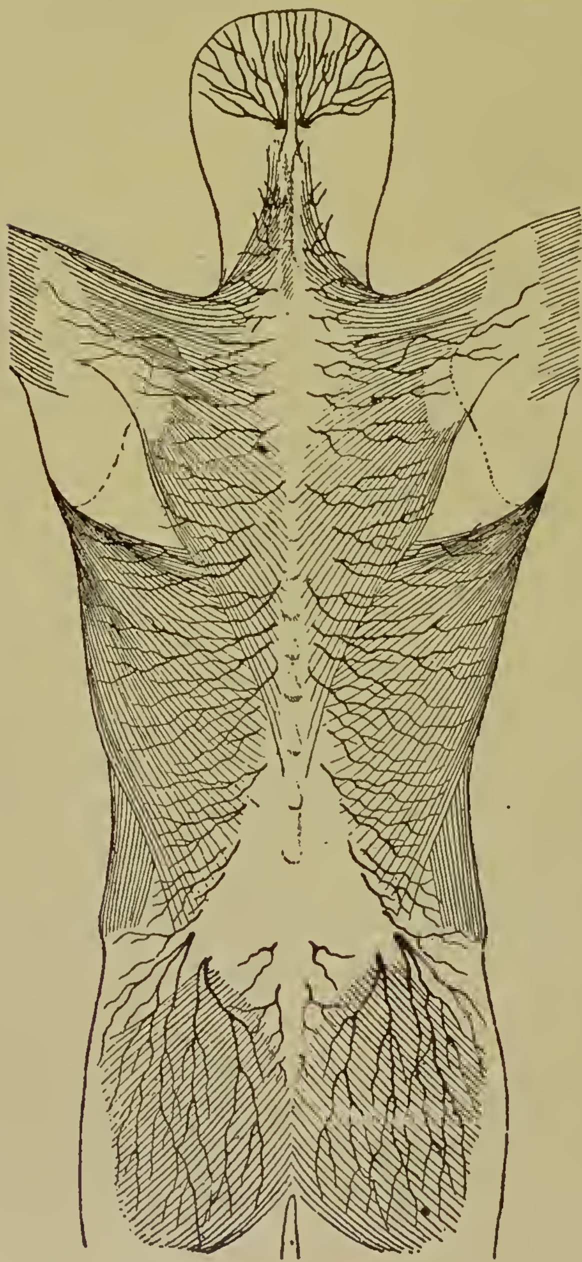


FIG. 297.
Les rameaux cutanés des branches postérieures des nerfs cervicaux, dorsaux, lombaires et sacrés.

Au sortir du trou de conjugaison, chaque nerf lombaire se divise en une branche antérieure et une branche postérieure.

Branches postérieures.

Les branches postérieures, moins considérables que les branches antérieures, se dirigent en arrière entre les apophyses transverses des vertèbres lombaires et arrivent dans la région lombaire où elles se divisent en rameaux internes et en rameaux externes qui innervent les muscles profonds de la région lombaire et portent la sensibilité à la peau de la région lombaire et de la partie supérieure de la région fessière, FIG. 297.

Branches antérieures.

Les branches antérieures des nerfs lombaires s'anastomosent avec

les ganglions voisins du sympathique, puis se dirigent en dehors entre le muscle carré des lombes et le grand psoas, en envoyant des rameaux à ces deux muscles.

La branche antérieure du cinquième nerf lombaire reçoit une branche anastomotique du quatrième nerf lombaire et constitue le nerf *lombo-sacré*. Celui-ci descend dans le petit bassin au-devant de l'articulation sacro-iliaque et va prendre part à la formation du plexus sacré.

Les branches antérieures des quatre premiers nerfs lombaires s'anastomosent les unes avec les autres pour constituer le *plexus lombaire*, FIG. 298.

Plexus lombaire. Ce plexus est situé sur les faces latérales des vertèbres lombaires, en partie dans l'épaisseur du muscle psoas, en partie entre le psoas et le carré des lombes.

Le premier nerf lombaire se divise en deux branches : l'une se dirige en dehors et va produire en se subdivisant les deux *nerfs abdominaux;* l'autre descend en bas pour se réunir avec le deuxième nerf lombaire. Celui-ci descend obliquement en bas et en dehors, émet sur son trajet deux branches collatérales, les deux *nerfs inguinaux*, puis se divise en une branche antérieure et une branche postérieure. Le troisième et le quatrième nerfs lombaires se dirigent aussi en bas et en dehors; ils se subdivisent chacun en une branche postérieure volumineuse et une branche antérieure plus grêle. Les branches antérieures de ces trois derniers nerfs lombaires se réunissent ensemble et forment le *nerf obturateur*. Les branches postérieures des mêmes nerfs se réunissent en un tronc volumineux : le *nerf crural*. De plus, le

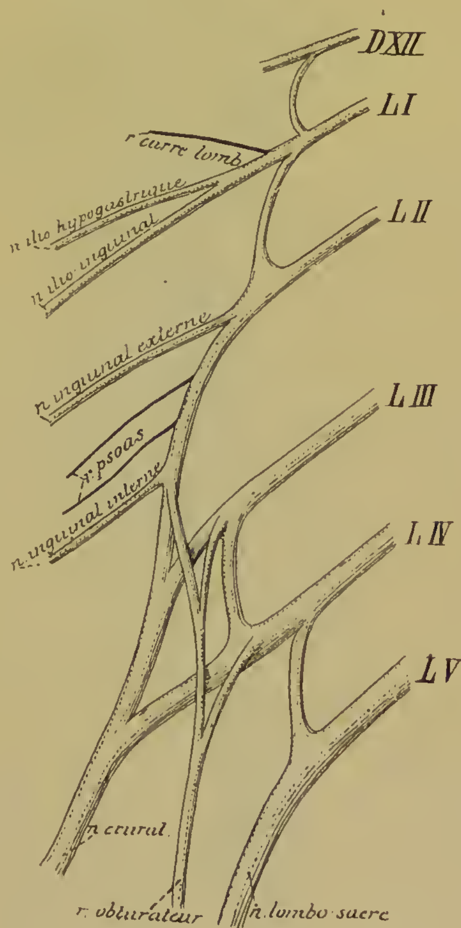


FIG. 298.
Mode de constitution du plexus lombaire.

quatrième nerf lombaire donne une branche anastomotique au cinquième nerf lombaire pour former le nerf *lombo-sacré.*

Outre les branches musculaires fournies aux muscles carré lombaire, grand psoas et petit psoas, on peut distinguer au plexus lombaire quatre branches collatérales et trois branches terminales. Les branches collatérales sont les deux *nerfs inguinaux* et les deux

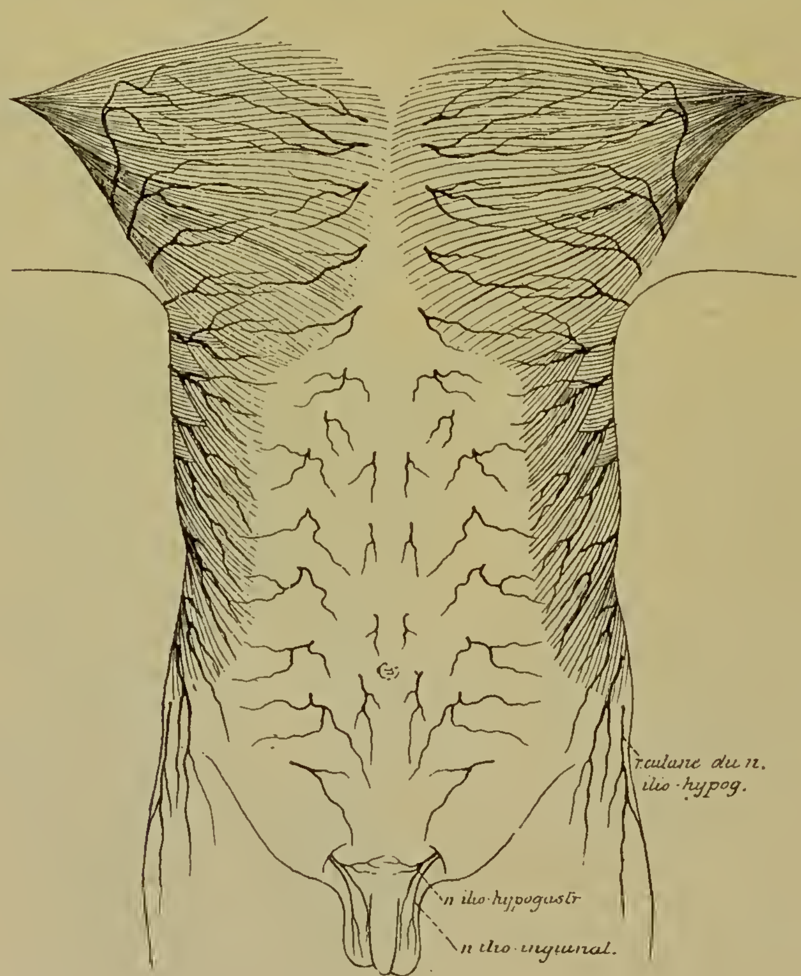


FIG. 299.

Les rameaux cutanés antérieurs et latéraux provenant des nerfs intercostaux.

nerfs abdominaux. Les branches terminales sont le *nerf lombo-sacré*, le *nerf obturateur* ou le *nerf crural.*

Branches collatérales. 1° Le *nerf grand abdominal*, appelé plus communément *nerf ilio-hypogastrique (n. iliohypogastricus)*, naît de la branche antérieure du premier nerf lombaire par un tronc qui lui est

commun avec le *nerf petit abdominal* ou *nerf ilio-inguinal*. Ce tronc unique porte encore le nom de *nerf lombo-dorsal* (SCHWALBE).

Le nerf ilio-hypogastrique se dirige en dehors sur la face antérieure du muscle carré lombaire parallèlement à la direction du douzième nerf intercostal. Arrivé à la crête iliaque, il traverse l'aponévrose postérieure du muscle transverse de l'abdomen puis longe d'arrière en avant la crête de l'os iliaque entre l'insertion du muscle transverse et celle du muscle petit oblique. Vers le milieu de cette crête, il se comporte comme un nerf intercostal, fournit un rameau cutané perforant *(ramus cutaneus lateralis)*, puis continue son trajet entre les deux muscles en leur fournissant des branches d'innervation. Au niveau de l'orifice interne du canal inguinal, il traverse obliquement le muscle petit oblique, l'aponévrose du grand oblique et, devenu sous-cutané, va se distribuer à la peau comprise entre la ligne blanche et le canal inguinal *(ramus cutaneus anterior)*, FIG. 299.

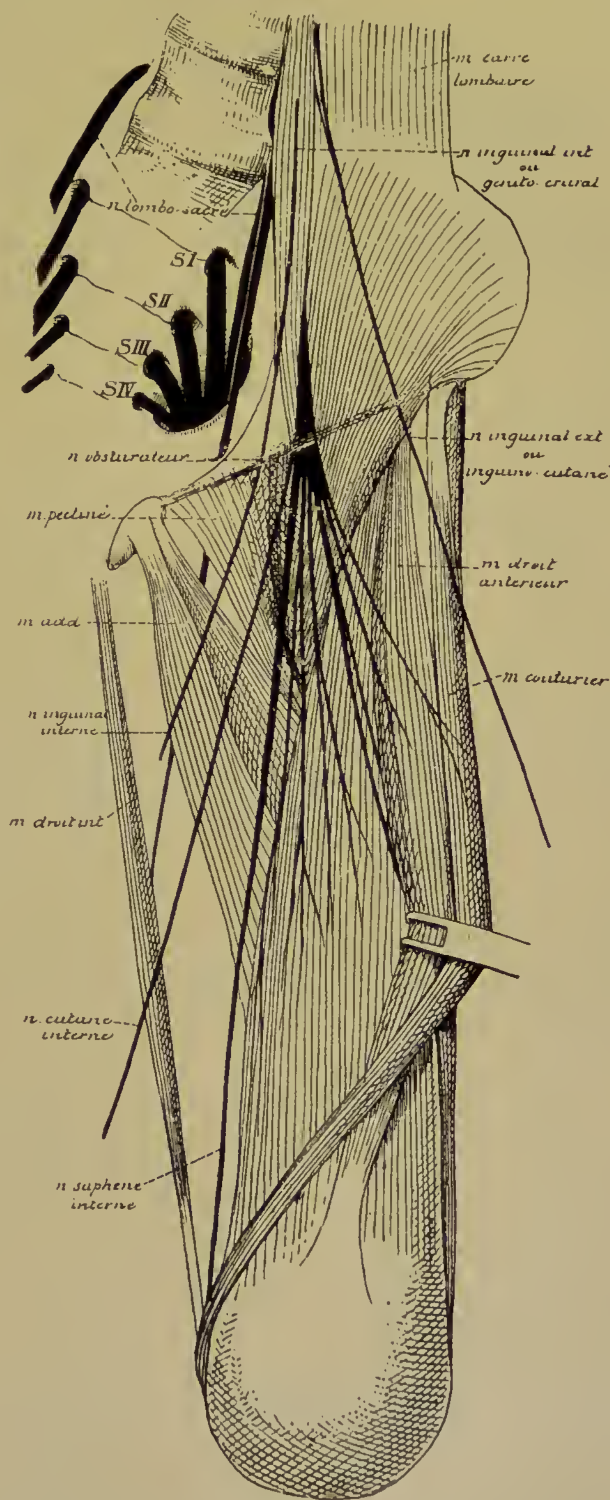


FIG. 300.

Le rameau cutané perforant ou latéral traverse les muscles petit oblique et grand oblique, pour se distribuer à la peau de la partie supérieure de la région fessière.

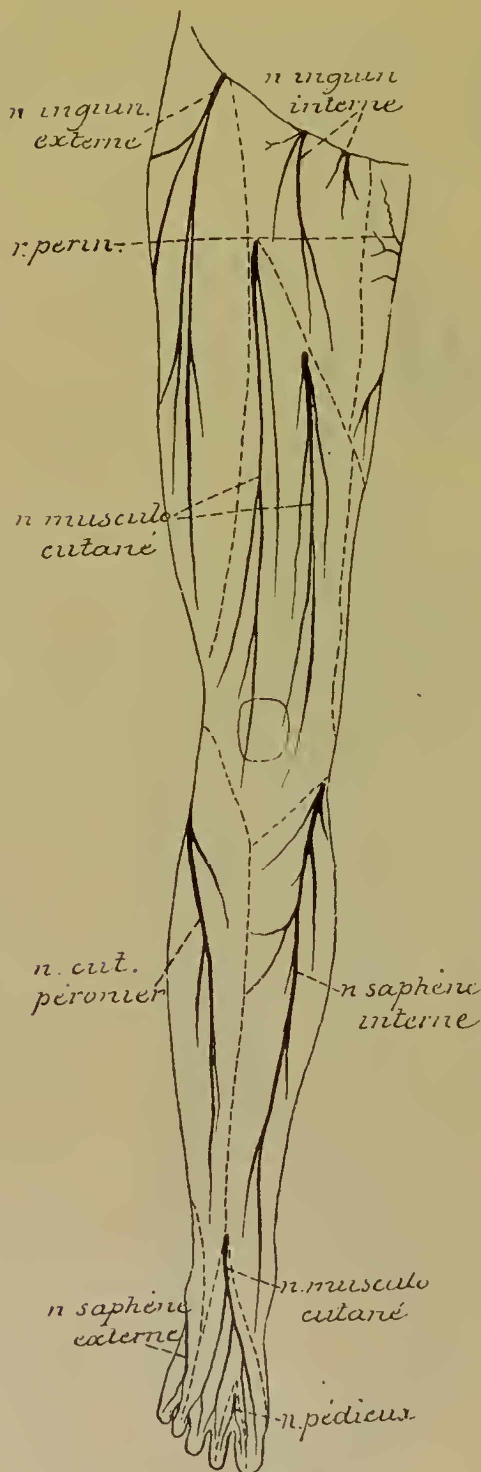


Fig. 301.
Les nerfs cutanés de la face antérieure du membre inférieur.

2° Le *nerf petit abdominal* ou *nerf ilio-inguinal (n. ilio-inguinalis)* provient avec le nerf ilio-hypogastrique du tronc lombo-dorsal. Plus grêle que ce dernier, il descend obliquement en bas et en dehors, étant placé un peu plus bas que le nerf grand abdominal. A la crête iliaque, il traverse également le muscle transverse de l'abdomen, se dirige en avant entre ce muscle et le petit oblique, s'anastomose souvent avec le nerf voisin près de l'épine iliaque antérieure et supérieure, descend le long de l'arcade crurale, parcourt le canal inguinal et arrive ainsi sur la face antérieure du cordon spermatique chez l'homme ou du ligament rond chez la femme ; il se distribue à la peau du pubis et à une partie de la peau du scrotum chez l'homme *(nn. scrotales anteriores)* et de la grande lèvre chez la femme *(nn. labiales anteriores)*. Pendant son trajet entre les muscles petit oblique et transverse, ce nerf leur abandonne des filets d'innervation.

3° Le *nerf inguinal externe*, *nerf inguino-cutané* ou *nerf cutané externe de la cuisse (n. cutaneus femoris lateralis)*, FIG. 300. Il provient de la branche antérieure du deuxième nerf lombaire, descend obliquement au-devant du muscle iliaque, recouvert par l'aponévrose iliaque et par le péritoine, sort de

l'abdomen entre les deux épines iliaques antérieures en passant au-devant de l'artère circonflexe iliaque, en dessous de l'arcade crurale. Il descend sur la face antérieure de la cuisse dans un dédoublement de l'aponévrose crurale, puis traverse l'aponévrose et se divise en branches terminales qui donnent la sensibilité à la peau de la région antéro-externe de la cuisse jusque près du genou, FIG. 301.

4° Le *nerf inguinal interne* ou *nerf génito-crural (n. genitofemoralis)*. FIG. 300, provient aussi du deuxième nerf lombaire. Il traverse d'arrière en avant toute l'épaisseur du muscle grand psoas, descend sur la face antérieure de ce muscle, puis sur la face antérieure de l'artère iliaque externe et se divise en deux rameaux terminaux : un rameau interne, *rameau génital* ou *nerf spermatique externe (n. spermaticus externus)* et un rameau externe, *rameau crural* ou *nerf lombo-inguinal (n. lumboinguinalis)*. Cette division du nerf génito-crural peut se faire en un point variable de son trajet.

Le rameau interne pénètre dans le canal inguinal, parcourt ce canal, innerve le muscle crémaster et se termine dans le fond des bourses. Chez la femme, il se termine dans les grandes lèvres.

Le rameau externe descend en dessous de l'arcade crurale, traverse l'aponévrose crurale et se termine à la peau de la partie supérieure et antérieure de la cuisse, FIG. 301.

Branches terminales du plexus lombaire. 1° *Nerf lombo-sacré (truncus lumbrosacralis)*, FIG. 301. Le nerf lombo-sacré est formé par la branche antérieure du cinquième nerf lombaire et une partie de la branche correspondante du quatrième nerf lombaire ; il descend au-devant de l'articulation sacro-iliaque, se réunit avec les branches antérieures des quatre premiers nerfs sacrés pour constituer le plexus sacré.

2° *Nerf obturateur (n. obturatorius)*, FIG. 302. Le nerf obturateur provient à la fois des deuxième, troisième et quatrième nerfs lombaires. Il descend le long du bord interne du muscle psoas, croise l'articulation sacro-iliaque, passe derrière l'artère et la veine iliaques primitives, longe ensuite la paroi externe de l'excavation pelvienne, parcourt le canal sous-pubien et se termine dans les muscles de la région interne de la cuisse : l'obturateur externe, le droit interne, le moyen ou long adducteur, le petit adducteur et le grand adducteur. Il fournit aussi un rameau cutané qui longe le bord interne du muscle long adducteur, s'anastomose souvent avec une branche du nerf crural et se termine dans la peau de la partie inférieure et interne de la cuisse.

3° *Nerf crural (n. femoralis).* Le nerf crural est la branche la plus volumineuse du plexus lombaire. Il reçoit ses fibres des deuxième, troisième et quatrième nerfs lombaires par trois racines qui se réunissent derrière le muscle grand psoas, FIG. 298. Il parcourt alors le sillon

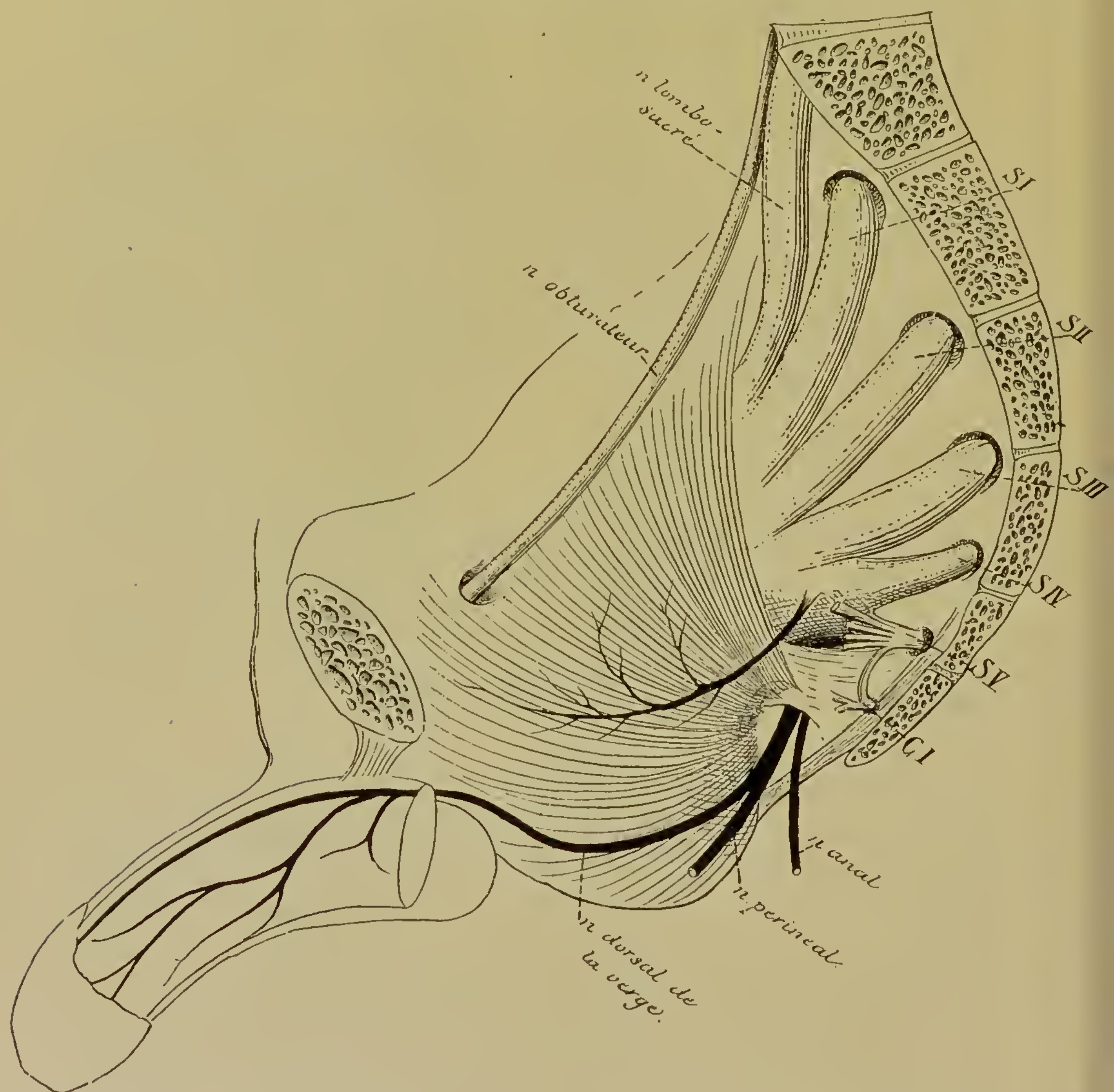


FIG. 302.

formé par le muscle iliaque et par le muscle psoas, séparé des vaisseaux cruraux par toute l'épaisseur de ce dernier muscle. Il sort de la cavité abdominale en passant par l'anneau crural, en arrière et en dehors des vaisseaux cruraux, entre le muscle psoas et son aponévrose. Arrivé à la face antérieure de la cuisse, le nerf crural se divise en branches terminales, FIG. 303.

Branches collatérales. Pendant son trajet du plexus lombaire à l'arcade crurale, le nerf crural donne des branches au muscle psoas et au muscle pectiné.

Branches terminales. Les branches terminales du nerf crural sont au nombre de quatre. Elles se placent sur deux plans : un plan superficiel et un plan profond. Le plan superficiel est formé par le *nerf musculo-cutané externe* et par le *nerf cutané interne*. Le plan profond comprend le *nerf du triceps crural* et le *nerf saphène interne.*

1° *Nerf musculo-cutané externe.* Il passe entre le psoas et la partie supérieure du muscle couturier, descend le long de la face postérieure du couturier et se divise en rameaux musculaires qui innervent ce dernier muscle et en rameaux cutanés. Ceux-ci sont au nombre de deux, FIG. 304 : un *rameau perforant supérieur* qui traverse le couturier vers le point d'union de son tiers supérieur avec son tiers moyen, devient sous-cutané et peut être poursuivi jusqu'au genou ; un *rameau perforant inférieur* qui

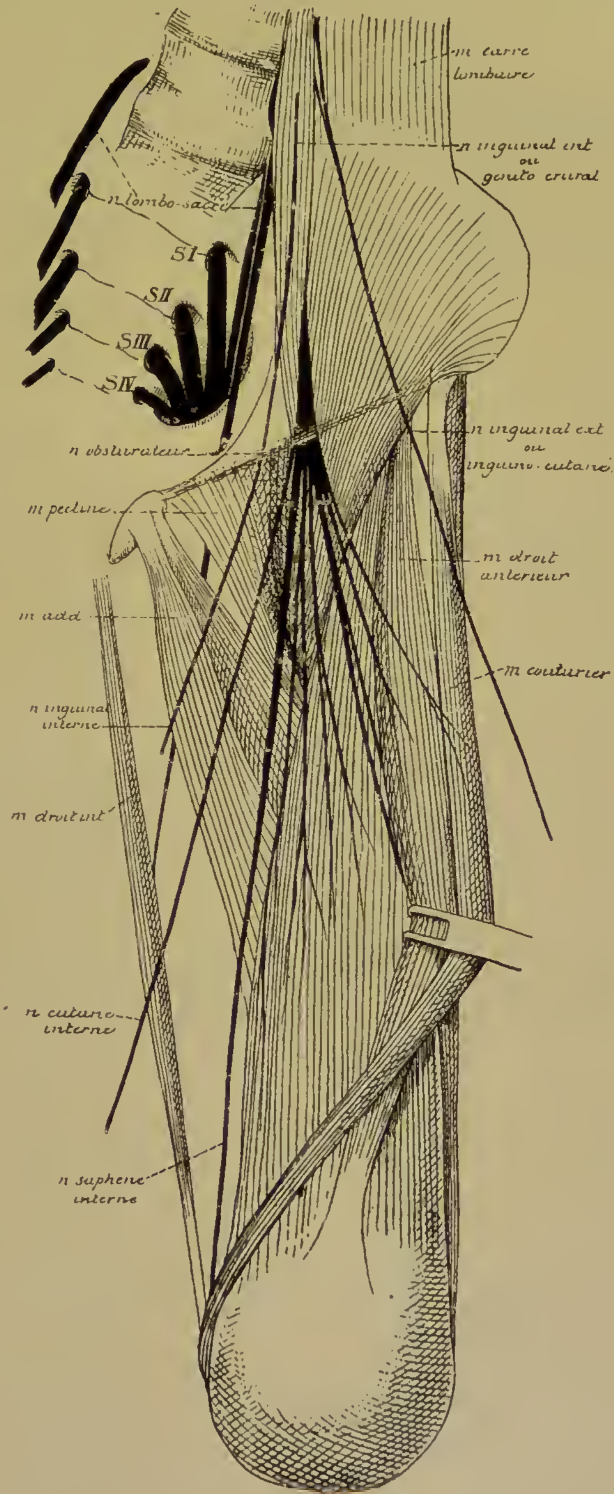


FIG. 303.

longe la face postérieure du couturier, traverse ce muscle vers sa partie moyenne ou passe simplement en dessous de lui, devient sous-cutané et descend également jusqu'au genou.

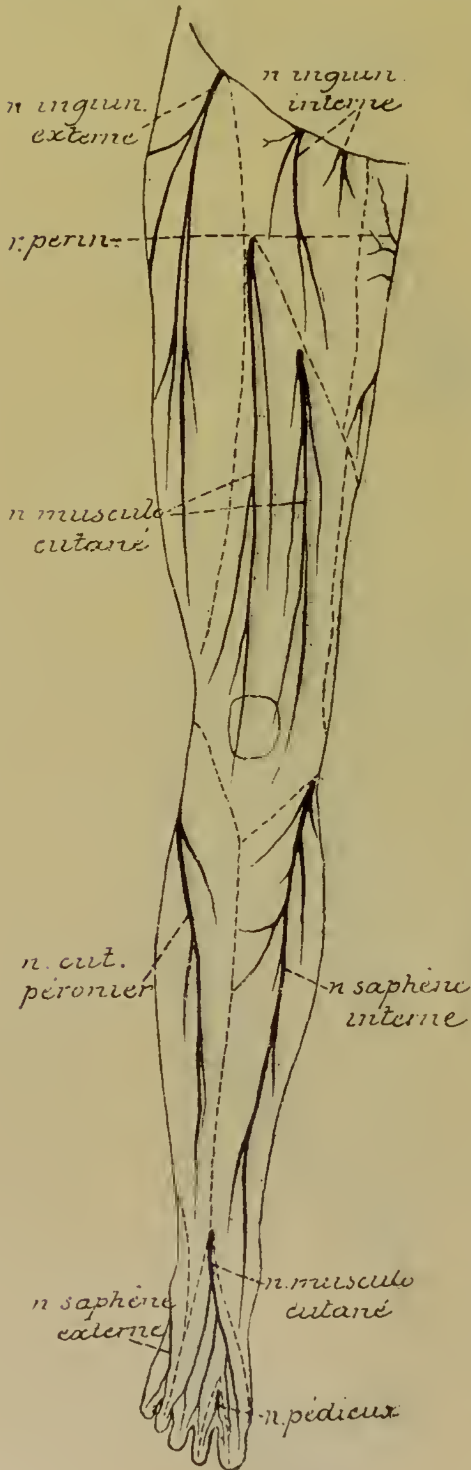


FIG. 304.
Les nerfs cutanés de la face antérieure du membre inférieur.

2° *Nerf cutané interne.* Ce nerf est souvent formé de deux ou de trois branches. La branche externe est la plus volumineuse. Elle descend le long du bord interne du muscle couturier, traverse l'aponévrose crurale vers le tiers inférieur de la cuisse et se distribue à la peau de la face interne du genou. Les autres branches, beaucoup plus grêles, traversent l'aponévrose crurale et accompagnent la veine saphène interne jusque vers le milieu de la face interne de la cuisse.

3° *Nerf du quadriceps crural.* Ce nerf appartient au plan profond des branches terminales du nerf crural. Il se divise immédiatement en plusieurs rameaux qui se rendent dans le muscle droit antérieur, le vaste externe, le vaste interne et le muscle crural.

4° *Nerf saphène interne.* Il naît de la branche profonde du nerf crural. D'abord situé en dehors des vaisseaux cruraux, il descend en bas et en dedans, pénètre dans la gaine des vaisseaux qu'il parcourt jusque vers l'anneau du troisième adducteur. Là, il traverse la paroi antérieure de la gaine des vaisseaux, descend derrière le bord postérieur du muscle couturier jusqu'au niveau de la face interne du genou, traverse l'aponévrose et devient sous-cutané.

Il accompagne alors la veine saphène interne le long de la face interne de la jambe, passe au-devant de la malléole interne et se termine le long du bord interne du pied, vers le milieu du premier métatarsien.

Dans ce long trajet ce nerf fournit :

a) Quelques rameaux cutanés à la partie inférieure de la face interne de la cuisse.

b) Un rameau articulaire à la partie interne du genou.

c) Un rameau rotulien qui se distribue à la peau recouvrant la face antérieure de la rotule.

d) Des rameaux jambiers qui donnent la sensibilité à la peau de la face antéro-interne de la jambe.

VINGT-TROISIEME LEÇON

Les nerfs spinaux ou nerfs rachidiens.

(Suite).

Les nerfs sacrés. Plexus sacré. Plexus honteux. Plexus ischiatique : Nerf sciatique. — Le nerf coccygien. Localisations sensitives et motrices radiculaires et médullaires.

Nerfs sacrés.

On compte cinq paires de nerfs sacrés. Les quatre premières paires sortent du canal rachidien par les trous sacrés antérieurs et postérieurs du sacrum, tandis que la cinquième paire passe entre le sacrum et le coccyx. La limite inférieure de la moelle sacrée se trouve au niveau du bord inférieur du corps de la première vertèbre lombaire. Les racines de ces nerfs descendent dans le canal rachidien, parcourent toute la partie lombo-sacrée du rachis et présentent leur ganglion spinal dans le canal lui-même. Elles enveloppent le cône terminal et prennent part ainsi à la constitution de la queue de cheval, FIG. 305.

Les nerfs sacrés se divisent en branches antérieures et en branches postérieures dans le canal sacré lui-même.

Branches postérieures.

Les branches postérieures des nerfs sacrés traversent les trous sacrés postérieurs et s'anastomosent en arcades dans les gouttières sacrées, constituant ainsi un *plexus sacré postérieur*, d'où partent les *rameaux cutanés* destinés à la peau de la région sacro-coccygienne et de la partie supérieure de la région fessière.

Branches antérieures.

Les branches antérieures des quatres premiers nerfs sacrés passent par les trous sacrés antérieurs. La branche correspondante du cinquième nerf sacré longe le côté de l'articulation sacro-coccygienne.

Ces branches antérieures sont plus considérables que les branches postérieures ; elles diminuent de volume de haut en bas et s'anastomosent avec les ganglions voisins du sympathique.

Les branches antérieures des quatre premiers nerfs sacrés se réunissent au nerf lombo-sacré pour constituer le *plexus sacré*, FIG. 306. La branche antérieure du cinquième nerf sacré se réunit avec une branche correspondante du nerf coccygien pour constituer le *plexus coccygien*.

Plexus sacré. Le plexus sacré est formé par la réunion des branches antérieures des quatre premiers nerfs sacrés et du nerf lombo-sacré provenant du plexus lombaire.

Le nerf lombo-sacré lui-même provient de la branche antérieure du cinquième nerf lombaire réunie à une branche anastomotique du quatrième. Ce nerf descend dans l'excavation pelvienne au-devant de l'articulation sacro-iliaque et va se réunir aux branches antérieures des nerfs sacrés à la partie

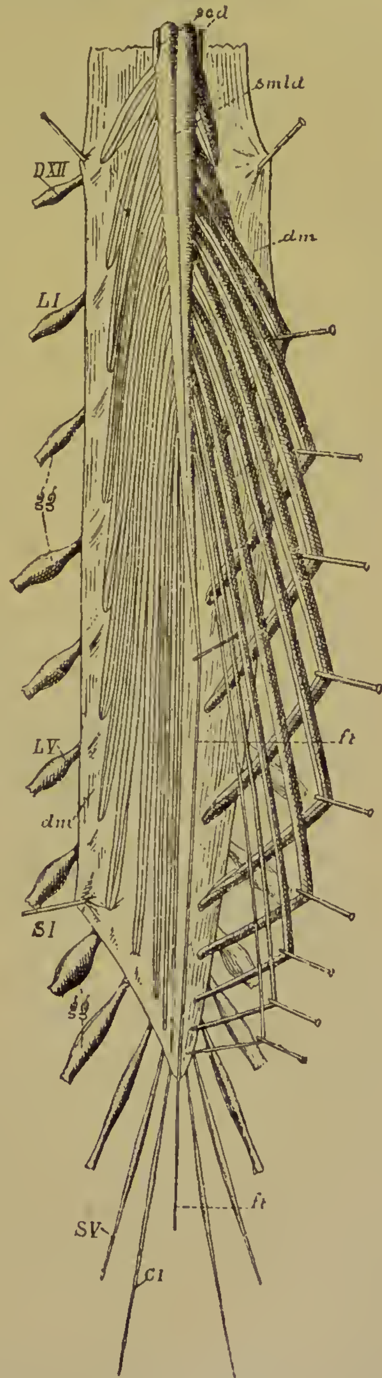


FIG. 305.
Face dorsale de la partie inférieure de la moelle épinière avec la queue de cheval, après ouverture de la dure-mère. Gr. nat. 1/2.

DXII : Douzième nerf dorsal.
LI et *LV* : Premier et cinquième nerfs lombaires.
SI et *SV* : Premier et cinquième nerfs sacrés.
CI : Premier nerf coccygien.
ft : Filet terminal.
gg : Ganglions spinaux.
smld : Sillon médian longitudinal dorsal.
scd : Sillon collatéral dorsal.
dm : Dure-mère ouverte.

inférieure du grand trou sacro-sciatique. Les branches antérieures des nerfs sacrés sortent du sacrum par les trous sacrés antérieurs, passent au-devant du muscle pyramidal et gagnent ainsi la partie

inférieure du grand trou sacro-sciatique, où elles se réunissent au nerf lombo-sacré.

Le plexus sacré dans son ensemble a une forme triangulaire à base interne et à sommet externe. La base correspond aux trous

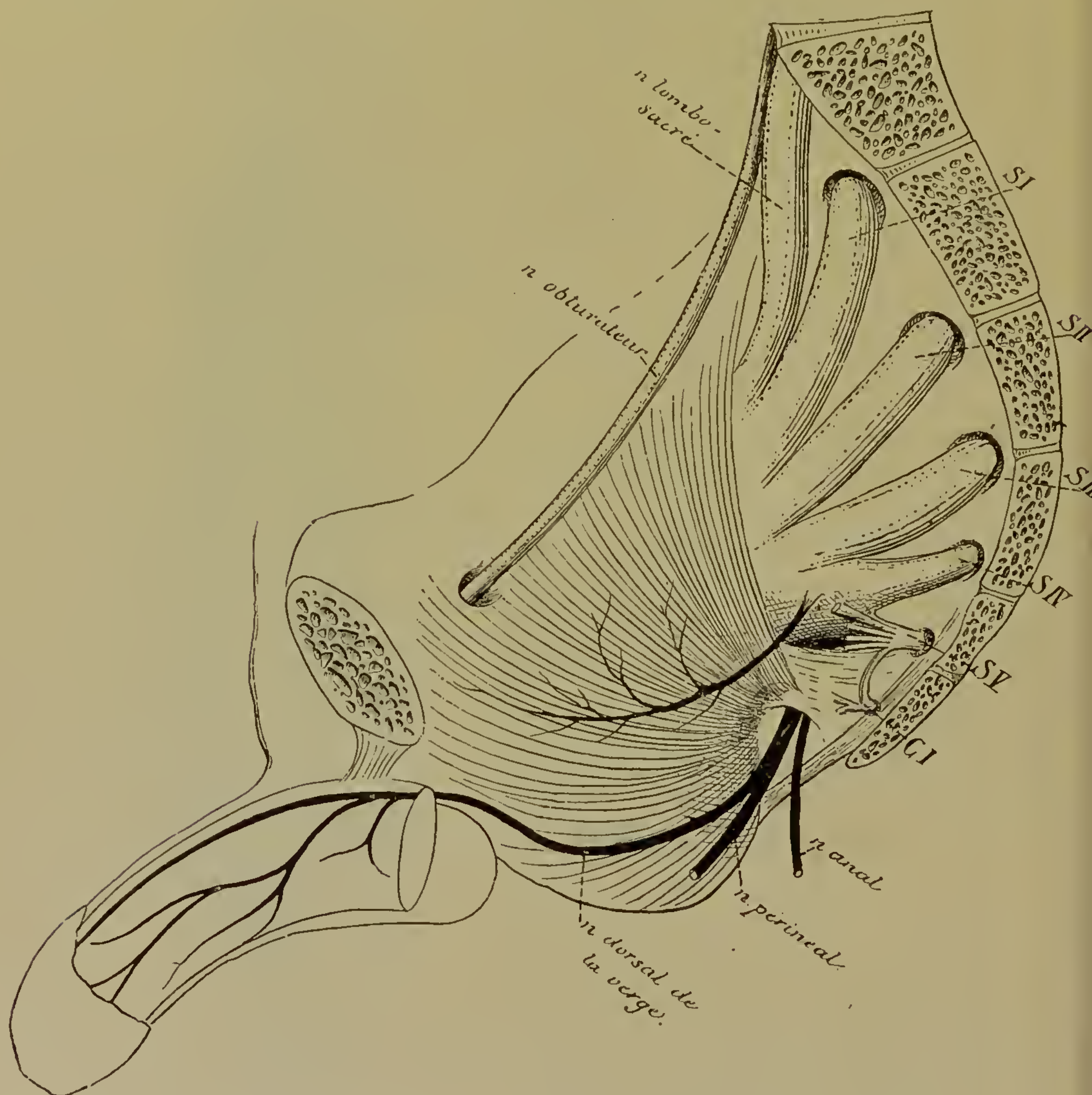


FIG. 306.

sacrés antérieurs, le sommet à la partie inférieure du grand trou sacro-sciatique. Ce plexus repose en arrière sur le muscle pyramidal. Il est uni au plexus lombaire par une anse nerveuse reliant le quatrième et le cinquième nerf lombaire, et au plexus coccygien par une anse nerveuse unissant le quatrième et le cinquième nerf sacré. Il s'anasto-

mose par des rameaux communicants avec les ganglions voisins du sympathique.

Quelques auteurs divisent ce plexus sacré en deux parties :

a) Une partie supérieure, formée par le nerf lombo-sacré et les branches antérieures des trois premiers nerfs sacrés, à laquelle ils donnent le nom de *plexus ischiatique.* Cette partie du plexus sacré fournit exclusivement les nerfs destinés au membre inférieur, pour autant que ces nerfs ne proviennent pas du plexus lombaire.

b) Une partie inférieure formée par des anastomoses entre une partie du troisième nerf sacré et toute la racine antérieure du quatrième nerf sacré : c'est le *plexus honteux.* Cette partie du plexus sacré ne fournit pas de nerfs au membre inférieur, mais simplement des branches aux viscères abdominaux et aux parois du tronc.

Cette division du plexus sacré en plexus ischiatique et plexus honteux facilite considérablement la description des branches collatérales et terminales qui en proviennent; c'est pour ce motif que nous l'adoptons.

Plexus honteux (plexus pudendus). Le plexus honteux donne un grand nombre de branches collatérales et terminales que l'on peut diviser en deux groupes : les nerfs destinés aux parois de la partie inférieure du tronc ou *nerfs pariétaux*, et les nerfs destinés aux viscères de l'excavation pelvienne, ou *nerfs viscéraux.*

Nerfs pariétaux. Il existe quatre nerfs pariétaux : le *nerf honteux commun*, le *nerf du muscle releveur de l'anus*, le *nerf du muscle coccygien* et le *nerf du muscle obturateur interne.*

1° *Nerf honteux commun (n. pudendus).* C'est la branche la plus volumineuse de toutes celles qui naissent du plexus honteux. Elle sort du bassin par le grand trou sacro-sciatique en passant sous le bord inférieur du muscle pyramidal avec le nerf fessier inférieur et le grand nerf sciatique. Elle s'applique alors contre la surface externe de l'épine sciatique, passe par le petit trou sacro-sciatique et arrive ainsi sur la face interne de la tubérosité ischiatique, qui constitue la paroi externe de l'excavation ischio-rectale.

Au moment où ce nerf sort par le grand trou sacro-sciatique, il se divise en trois branches terminales, FIG. 306.

a) Le nerf anal ou *nerf hémorrhoïdal.* Il passe par le petit trou sacro-sciatique, traverse l'excavation ischio-rectale et va se terminer

dans le muscle constricteur de l'anus et dans la peau qui recouvre ce muscle.

b) Le nerf périnéal. Arrivé sur la face interne de la tubérosité ischiatique, il se subdivise en deux branches :

Le *rameau superficiel* ou *rameau cutané.* Il se porte en avant et en dedans, entre l'aponévrose périnéale superficielle et le fascia superficialis, et se distribue à la peau de la région antérieure du périnée et à la peau des bourses *(nn. scrotales posteriores).*

Le *rameau profond* ou *rameau musculaire* passe au-dessus du muscle transverse superficiel du périnée et s'épanouit en filets destinés aux muscles voisins : le transverse superficiel du périnée, le bulbo-caverneux, l'ischio-caverneux et la partie antérieure du constricteur de l'anus. Un filet de ce nerf accompagne l'artère transverse du bulbe de l'urèthre et se distribue à la muqueuse du canal dc l'urèthre.

c) Le *nerf dorsal de la verge* ou *du clitoris, nerf pénien* ou *clitoridien.* Il monte le long de la face interne de la branche ischio-pubienne jusqu'en dessous de la symphyse pubienne en émettant des branches d'innervation destinées au muscle transverse profond, perfore le ligament sous-pubien, longe le ligament suspenseur de la verge ou du clitoris et gagne ainsi le dos de la verge ou du clitoris qu'il parcourt d'arrière en avant, en donnant des branches collatérales à la peau et des branches terminales à la muqueuse du gland.

2° *Le nerf du muscle releveur de l'anus.*

3° *Le nerf du muscle obturateur interne.*

4° *Le nerf du muscle coccygien.* Ces trois derniers nerfs se rendent directement dans les muscles correspondants.

Nerfs viscéraux. Ces nerfs sont grêles et assez nombreux. Ils naissent du troisième et du quatrième nerf sacré dans l'intérieur même du petit bassin, se dirigent en avant sur les parties latérales du rectum et du bas-fond de la vessie, où ils se réunissent avec les filets du sympathique pour constituer le plexus hypogastrique.

Plexus ischiatique. Le plexus ischiatique émet trois branches collatérales et une branche terminale.

Branches collatérales. 1° Les rameaux du muscle pyramidal, des muscles jumeau supérieur, jumeau inférieur et carré de la cuisse.

2° *Le nerf fessier supérieur (n. glutœus superior).* Il provient du

sommet du plexus ischiatique, en dedans de l'excavation pelvienne. Il sort par le grand trou sacro-sciatique au-dessus du muscle pyramidal, arrive dans la région fessière et donne des branches d'innervation

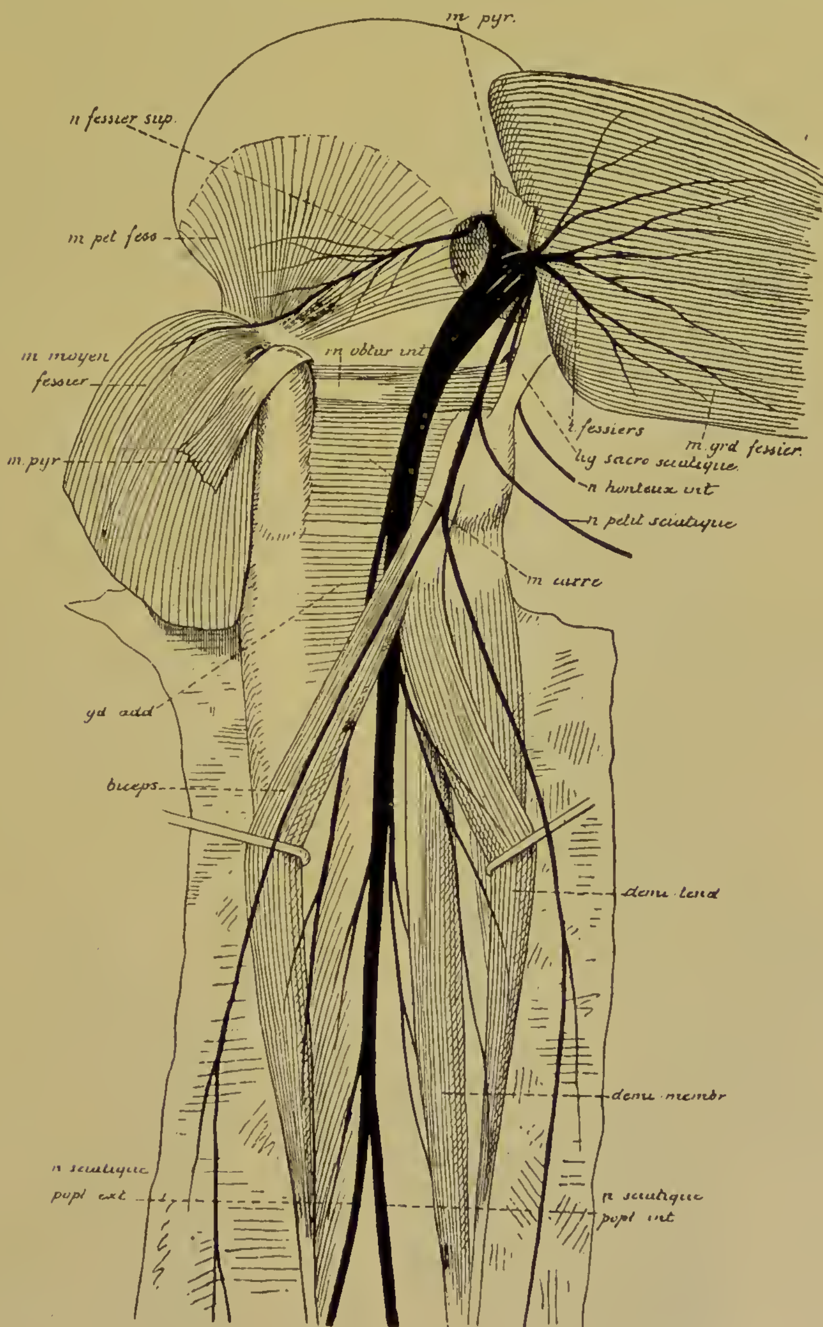


FIG. 307.

au muscle moyen fessier, au muscle petit fessier et au tenseur du fascia lata, FIG. 307.

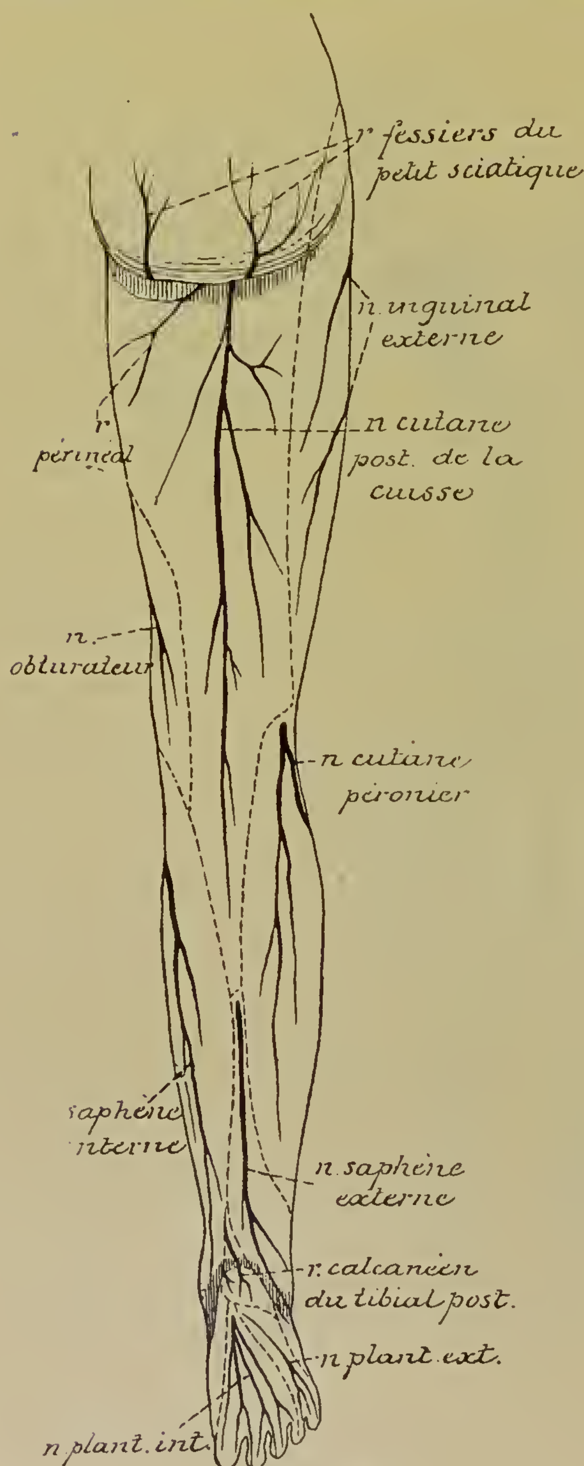


FIG. 308.

3° *Le nerf fessier inférieur* ou *nerf petit sciatique*. Il sort du bassin par le grand trou sacro-sciatique en passant au-dessous du muscle pyramidal, descend dans la région fessière derrière le grand nerf sciatique, au-devant de la partie inférieure du muscle grand fessier, entre le grand trochanter et la tubérosité ischiatique. Il donne des filets d'innervation au muscle grand fessier *(nerf fessier inférieur, n. glutœus inferior)* et, arrivé au bord inférieur de ce muscle, il prend le nom de *nerf cutané postérieur de la cuisse (n. cutaneus femoris posterior)*. Celui-ci descend sous l'aponévrose de la cuisse jusque vers le milieu de cette région, traverse alors l'aponévrose et s'étend par ses branches terminales jusqu'à la partie inférieure du creux poplité, FIG. 308. Dans ce trajet il émet, au bord inférieur du grand fessier, des *rameaux récurrents* qui portent la sensibilité à la peau de la partie inférieure de la région fessière; un *rameau périnéal* qui donne la sensibilité à la partie supérieure de la face interne de la cuisse et à la partie externe du périnée, et se termine dans

la peau du scrotum chez l'homme, dans celle de la grande lèvre chez la femme.

Branches terminales. Le plexus ischiatique n'émet qu'une seule branche terminale. C'est le *grand nerf sciatique (n. ischiaticus).*

Le grand nerf sciatique doit être considéré comme la continuation directe du plexus ischiatique. Ses fibres constitutives proviennent à la fois du nerf lombo-sacré et des branches antérieures des trois premiers nerfs sacrés. Il sort du bassin par la partie inférieure du grand trou sacro-sciatique en passant audessous du bord inférieur du muscle pyramidal. Il descend entre le grand trochanter et la tubérosité de l'ischion, derrière le muscle obturateur interne, les jumeaux pelviens et le muscle carré de la cuisse, au-devant de la partie inférieure du muscle grand fessier. Il pénètre dans la région postérieure de la cuisse au-devant des muscles de cette région qui s'insèrent à l'ischion, descend le long de la face postérieure du grand adducteur, se place plus bas entre le biceps et les muscles demi-tendineux et demimembraneux et, arrivé à la partie supérieure du creux poplité, il

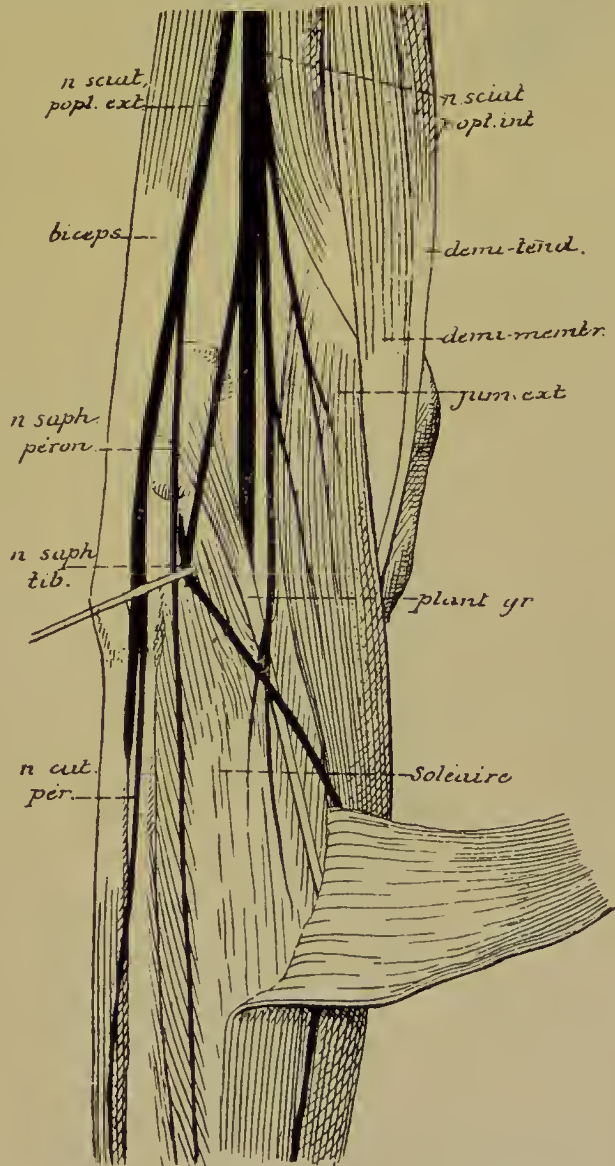


FIG. 309.

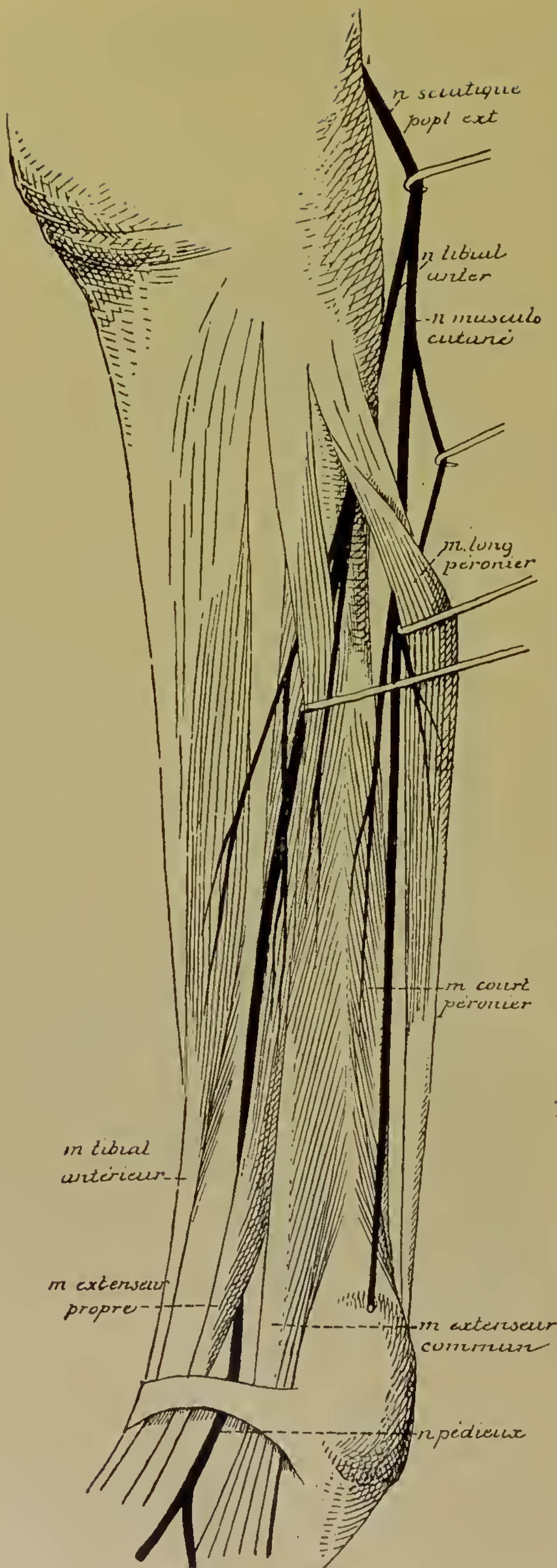


FIG. 310.

se divise en deux branches terminales : le *nerf sciatique poplité externe* ou *nerf péronier* et le *nerf sciatique poplité interne* ou *nerf tibial*, FIG. 307 et 309.

Branches collatérales. Pendant son trajet depuis le grand trou sacro-sciatique jusque dans le creux poplité, le nerf sciatique fournit un grand nombre de branches collatérales :

a) Des rameaux articulaires à l'articulation coxo-fémorale.

b) Des rameaux musculaires pour les deux portions du biceps fémoral, le demi-membraneux, le demi-tendineux et le troisième adducteur.

c) Des rameaux articulaires pour l'articulation du genou.

Branches terminales. I. Nerf sciatique poplité externe ou *nerf péronier commun (n. peronaeus communis).* C'est la branche de bifurcation externe du nerf sciatique. Ce nerf descend obliquement en bas et en dehors, en longeant le bord interne du tendon du biceps crural, FIG. 309. Il croise le condyle externe du fémur et l'insertion supérieure du muscle jumeau exter-

ne, passe derrière la tête du péroné, contourne la face externe du col de cet os, étant situé entre ce col et le muscle long péronier latéral, arrive dans le région antéro-externe de la jambe et se divise en deux branches terminales : le *nerf musculo-cutané* ou *nerf péronier superficiel (n. peronaeus superficialis)* et le *nerf tibial antérieur* ou *nerf péronier profond (n. peronaeus profundus).*

Au cours de ce trajet, le nerf péronier commun a fourni des branches collatérales :

a) Des rameaux articulaires au genou.

b) Le nerf saphène péronier ou *rameau anastomotique péronier (ramus anastomoticus peronaeus).* Il naît dans le creux du jarret, se dirige en bas et en dedans sur la face postérieure du jumeau externe, traverse l'aponévrose et se réunit au *nerf saphène tibial* pour constituer le *nerf saphène externe.*

c) Le nerf cutané péronier ou *nerf cutané latéral du mollet (n. cutaneus surae lateralis).* Il provient soit directement du nerf péronier, soit d'un tronc commun avec le nerf saphène péronier. Il traverse bientôt l'aponévrose jambière et se distribue à la peau qui recouvre la face externe de la jambe.

Nerf musculo-cutané ou *nerf péronier superficiel.* Il traverse le muscle long péronier latéral, puis descend entre ce muscle et le court péronier, FIG. 310 ; il fournit des branches aux deux muscles péroniers. Il traverse l'aponévrose jambière vers le tiers inférieur de la région antérieure de la jambe entre le muscle long péronier latéral et le muscle extenseur commun des orteils et se divise en deux branches qui se distribuent à la peau de la face dorsale du pied, FIG. 311.

La branche interne, *nerf cutané dorsal interne du pied (n. cutaneus dorsalis medialis)*, est la plus volumineuse. Elle se divise encore et se subdivise et va porter la sensibilité à la moitié interne du dos du pied, à la face dorsale des deux premiers orteils et à la partie interne du troisième orteil.

La branche externe, *nerf cutané dorsal externe du pied (n. cutaneus dorsalis intermedius)*, donne la sensibilité à la peau de la moitié externe du dos du pied ; elle se divise et se subdivise, s'anastomose avec le nerf cutané dorsal interne en dedans, avec le nerf saphène externe en dehors et va fournir les nerfs collatéraux dorsaux *(nn. digitales dorsales pedis)* externe du troisième, interne et externe du quatrième et interne du cinquième orteil. Ce nerf cutané dorsal externe est très variable d'individu à individu. Il est souvent remplacé totalement par le nerf saphène externe.

Nerf tibial antérieur ou *nerf péronier profond.* Il perfore le muscle long péronier latéral et le muscle long extenseur commun des orteils, arrive ainsi sur la face antérieure du ligament interosseux le long de laquelle il descend, étant situé d'abord entre le muscle tibial antérieur et l'extenseur commun des orteils, puis entre le muscle tibial et l'extenseur propre du gros orteil. Il passe alors avec l'artère tibiale

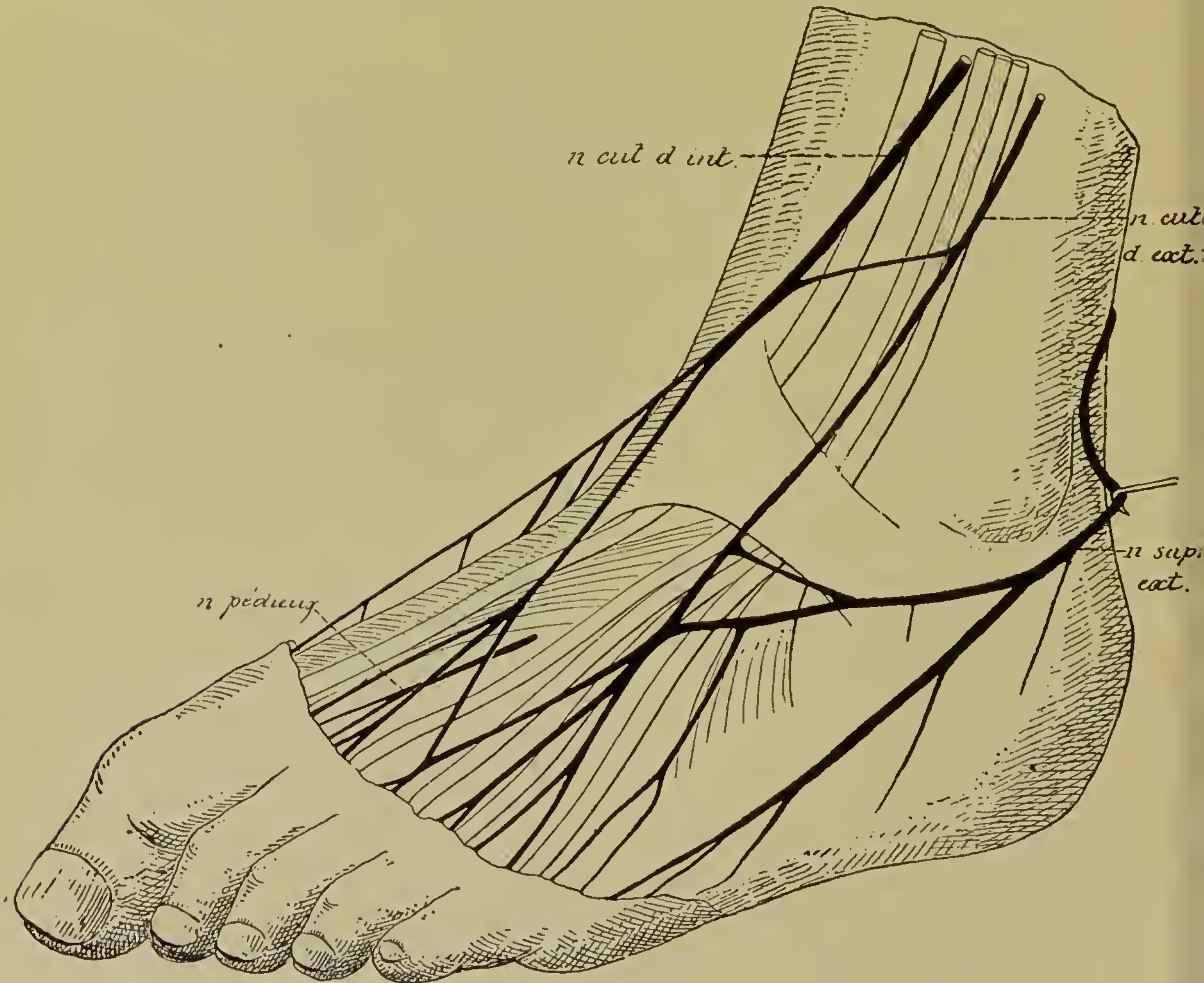
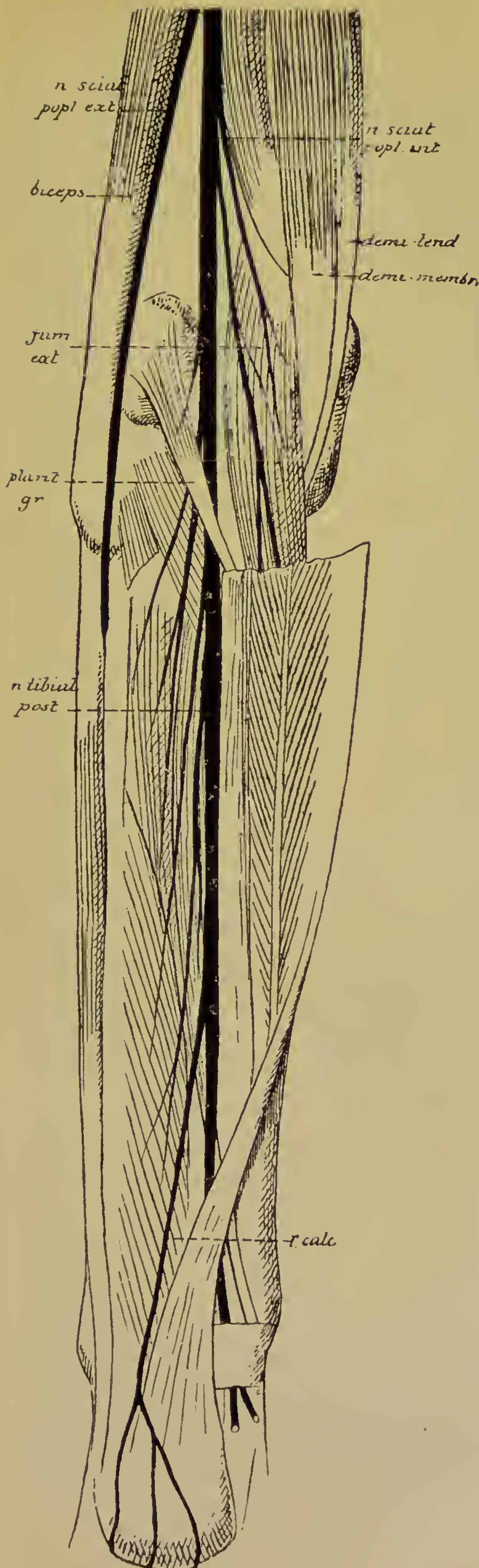


Fig. 311.

antérieure sous le ligament annulaire dorsal du tarse, où il est croisé par le tendon de l'extenseur propre du gros orteil, et arrive ainsi sur le dos du pied, où il prend le nom de *nerf pédieux*.

En descendant le long du ligament interosseux, le nerf tibial antérieur fournit des branches au muscle tibial antérieur, à l'extenseur propre du gros orteil et à l'extenseur commun des orteils.

Le *nerf pédieux* longe le côté interne de l'artère pédieuse et se



divise en deux rameaux. Le rameau interne s'étend jusqu'au premier espace interosseux qu'il parcourt d'arrière en avant, traverse ensuite l'aponévrose pour aller s'anastomoser avec les branches terminales du nerf cutané dorsal interne. Il fournit aussi des rameaux à l'articulation métatarso-phalangienne du premier et du deuxième orteil. Le rameau externe se dirige en dehors, passe en-dessous du muscle pédieux et donne des filets nerveux :

a) à la face profonde de ce dernier muscle, filets moteurs qui innervent ce muscle ;

b) aux trois derniers espaces interosseux, filets sensitifs destinés aux articulations métatarso-phalangiennes correspondantes.

II. Nerf sciatique poplité interne ou *nerf tibial (n. tibialis).* C'est la branche de division interne du grand nerf sciatique. Elle provient de ce dernier nerf à la partie supérieure du creux poplité, traverse ce creux de haut en bas, étant situé en dessous de l'aponévrose, en arrière et un peu en dehors des vaisseaux poplités. Ce nerf pénètre dans la région

postérieure de la jambe en passant sous l'anneau aponévrotique du muscle soléaire. Il parcourt cette région postérieure étant placé entre le plan musculaire superficiel et le plan musculaire profond, appliqué contre ce plan profond par le feuillet correspondant de l'aponévrose jambière et accompagné par l'artère tibiale postérieure jusqu'au niveau de l'articulation tibio-tarsienne. Là, il est situé sur la face interne du pied, entre la malléole interne et la face interne du calcanéum, et se divise, en arrière de la malléole interne, en deux branches terminales : le *nerf plantaire interne* et le *nerf plantaire externe*, FIG. 312.

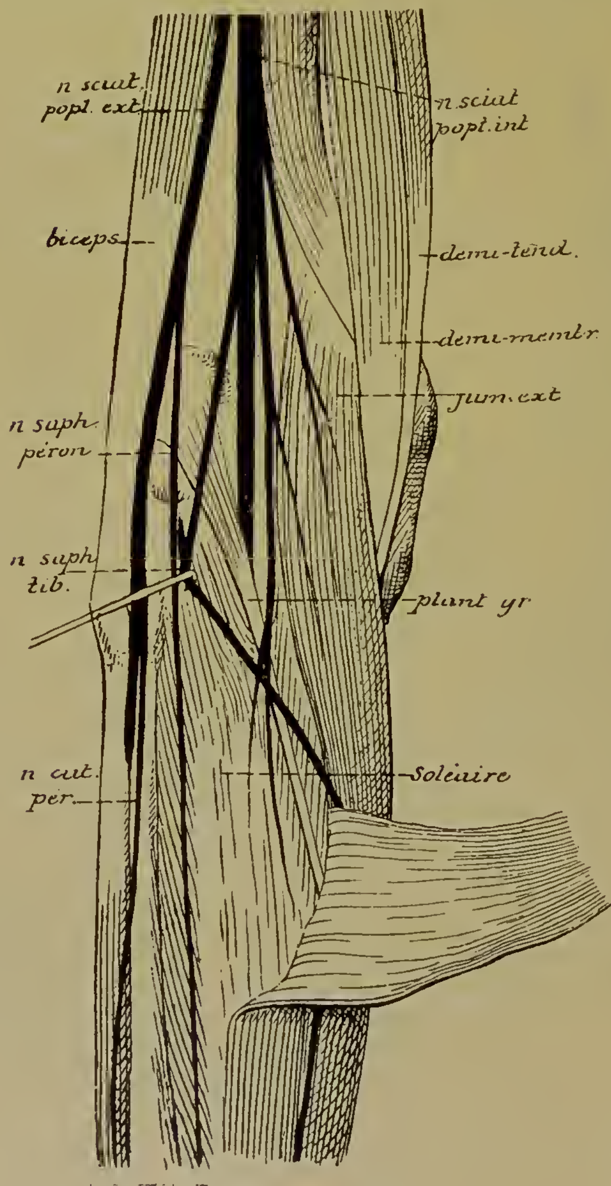


FIG. 313.

Branches collatérales. Pendant son trajet depuis la partie supérieure du creux poplité jusqu'à la plante du pied, le nerf sciatique poplité interne fournit un grand nombre de branches collatérales musculaires, articulaires et cutanées.

Les *branches musculaires* qui naissent à la partie inférieure du creux poplité innervent les muscles jumeaux, le plantaire grêle, le soléaire et le poplité. Celles qui proviennent du nerf tibial postérieur pendant son trajet entre les deux plans musculaires de la région postérieure de la jambe sont destinées aux muscles tibial postérieur, long fléchisseur commun des orteils et long fléchisseur

propre du gros orteil. Le nerf tibial postérieur fournit souvent une branche qui traverse la partie supérieure du ligament interosseux pour se rendre dans le muscle tibial antérieur.

Les *branches articulaires* sont destinées au ligament postérieur de l'articulation du genou.

Les *branches cutanées* sont le *nerf saphène tibial*, branche d'origine du *nerf saphène externe*, et les *rameaux cutanés plantaires*.

Le *nerf saphène tibial (n. cutaneus surae medialis)* provient du nerf sciatique poplité interne vers la partie moyenne du creux poplité, FIG. 313. Il descend verticalement sur la face externe du plan musculaire superficiel le long de la ligne de réunion des deux muscles jumeaux. Il s'anastomose avec le *nerf saphène péronier* vers le milieu de la jambe et prend le nom de *nerf saphène externe*. Il traverse alors l'aponévrose jambière, FIG. 308, accompagne la veine saphène externe le long du côté externe du tendon d'ACHILLE, passe avec cette veine derrière la malléole externe, donne des rameaux à la peau qui recouvre cette malléole et la face externe du calcanéum. Il longe alors le bord externe du pied, FIG. 311, s'anastomose avec le cutané dorsal externe et s'étend à toute la longueur de ce bord externe jusqu'à l'extrémité du petit orteil.

Quand le nerf cutané dorsal externe est peu développé le nerf saphène externe peut le suppléer. Il se distribue alors à toute la moitié externe de la face dorsale du pied.

Les *rameaux cutanés plantaires (rami calcanei mediales)* se distribuent à la peau de la face interne du calcanéum et de la partie postérieure de la plante du pied.

Branches terminales. 1º *Nerf plantaire interne (n. plantaris medialis)*, FIG. 314. Le nerf plantaire interne est la plus volumineuse des deux branches terminales du nerf tibial postérieur. Il se dirige directement en avant, situé d'abord au-dessus de l'extrémité postérieure du muscle adducteur du gros orteil, puis entre les muscles de la région plantaire interne et ceux de la région plantaire moyenne, et se divise en branches terminales au niveau de la région métatarsienne.

Pendant ce trajet, il fournit des *branches cutanées* à la partie interne de la plante du pied et des *branches musculaires* à l'adducteur du gros orteil, au court fléchisseur commun des orteils et à l'accessoire du long fléchisseur.

Les branches terminales, *nerfs digitaux plantaires communs (nn. digitales plantares communes)* sont au nombre de quatre. L'interne, la

plus volumineuse, naît tout près de l'extrémité proximale du premier métatarsien; elle longe le bord externe du muscle adducteur du gros orteil, en donnant de petites branches cutanées au bord interne du pied et un filet d'innervation au muscle court fléchisseur propre du pouce, et se termine en formant le *nerf collatéral plantaire interne du gros orteil.*

Les trois autres branches proviennent du nerf plantaire interne au niveau de la partie moyenne du deuxième métatarsien. Elles parcourent d'arrière en avant les trois premiers espaces interosseux et se subdivisent encore en deux branches qui vont devenir les *nerfs collatéraux plantaires internes* du *deuxième,* du *troisième* et du *quatrième orteil*, et les *nerfs collatéraux plantaires externes* du *premier*, du *deuxième* et du *troisième orteil (nn. digitales plantares proprii).*

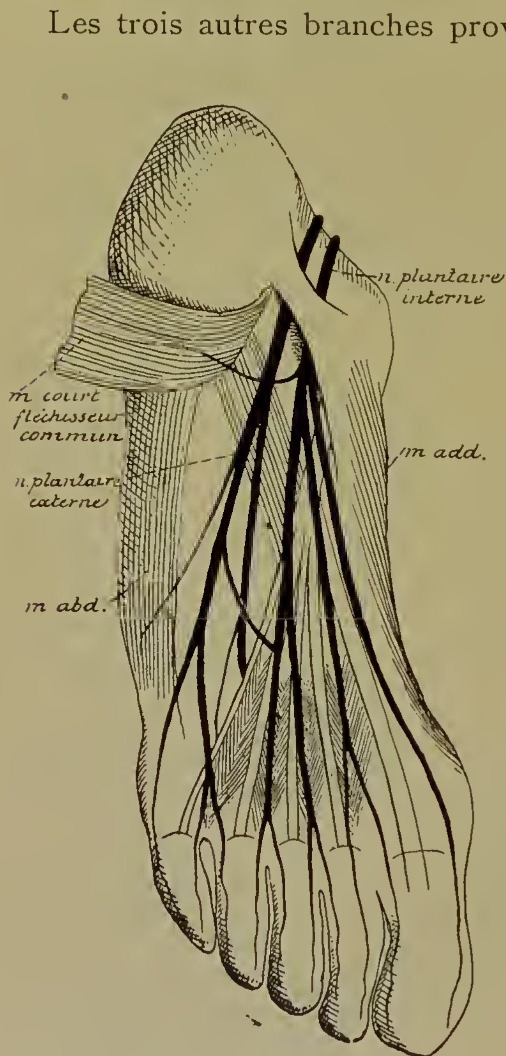


Fig. 314.

2° *Nerf plantaire externe (n. plantaris lateralis).* Il se dirige obliquement à la plante du pied en avant et en dehors, en passant entre le muscle accessoire du long fléchisseur et le muscle court fléchisseur commun des orteils. Arrivé entre les muscles de la région plantaire externe et ceux de la région plantaire moyenne, il se divise en une branche superficielle et une branche profonde. Pendant ce trajet il envoie des filets au muscle abducteur du petit orteil et à la partie externe du muscle accessoire.

La *branche superficielle (ramus superficialis)* s'anastomose avec la branche la plus externe du nerf plantaire interne, envoie des filets aux deux muscles lombricaux externes, puis se divise en deux rameaux

qui vont fournir le *nerf collatéral plantaire externe du quatrième orteil* et les *nerfs collatéraux plantaires interne* et *externe du cinquième.*

La *branche profonde (ramus profundus)* passe obliquement en dedans, entre le muscle abducteur oblique du gros orteil et les muscles interosseux plantaires, décrivant ainsi une courbe à convexité antérieure. De cette courbe partent les filets d'innervation pour tous les muscles interosseux plantaires et dorsaux, les muscles lombricaux internes, le muscle court fléchisseur du cinquième orteil et l'abducteur transverse du gros orteil. Cette branche profonde se termine elle-même dans le muscle abducteur oblique du premier orteil.

Les nerfs collatéraux plantaires et dorsaux des orteils se comportent comme les nerfs correspondants des doigts, avec cette différence que les nerfs dorsaux innervent presque toute la face dorsale des orteils. Chaque nerf collatéral plantaire n'envoie à la face dorsale qu'un petit rameau sous-unguéal.

Nerf coccygien.

On ne décrit généralement qu'un seul nerf coccygien *(n. coccygeus).* Il provient de la partie inférieure du cône médullaire au niveau du corps de la deuxième vertèbre lombaire, traverse les parties lombaire, sacrée et coccygienne du rachis, étant placé de chaque côté du filet terminal, et se divise à la partie inférieure du canal rachidien en une branche antérieure et une branche postérieure.

Vous savez, que, d'après les recherches de Rauber, il existerait encore, dans le filet terminal, deux autres nerfs coccygiens plus ou moins développés, pourvus chacun d'un petit ganglion spinal. Mais on ne connaît pas leur distribution périphérique.

Branche postérieure.

La branche postérieure du nerf coccygien sort du canal rachidien en traversant la partie latérale du ligament sacro-coccygien postérieur et superficiel. Elle s'anastomose avec les branches postérieures des nerfs sacrés en prenant part à la constitution du *plexus sacré postérieur* et se distribue à la peau de la région coccygienne.

Branche antérieure.

La branche antérieure du nerf coccygien sort du canal rachidien au niveau de la réunion des deux premières vertèbres coccygiennes.

Elle est reliée par une anse nerveuse à la branche antérieure du cinquième nerf sacré, avec laquelle elle constitue le *plexus sacro-coccygien* ou *plexus coccygien.*

Plexus coccygien. — Le plexus coccygien est donc constitué

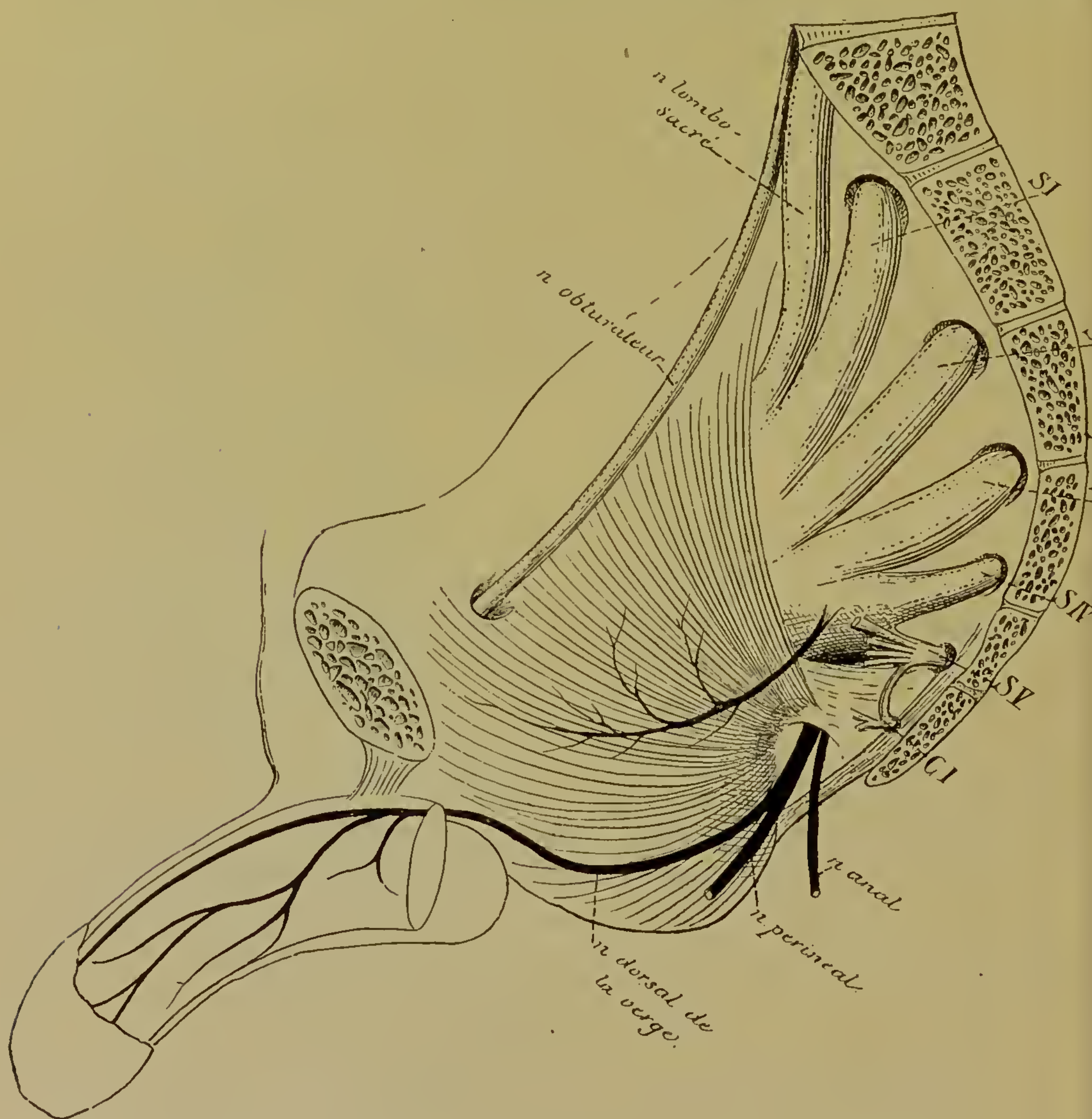


Fig. 315.

par l'anastomose qui relie le cinquième nerf sacré au nerf coccygien, fig. 315. Il est relié au plexus sacré par l'anse nerveuse unissant le quatrième au cinquième nerf sacré. Il est uni également à la partie inférieure de la chaine ganglionnaire du sympathique par quelques rameaux communicants.

Du plexus coccygien partent quelques filets nerveux très grêles qui se rendent dans le plexus hypogastrique du sympathique, puis un filet assez volumineux, le nerf *ano-coccygien (nn. anococcygei)* (SCHWALBE), destiné en partie au muscle coccygien, en partie à la peau qui s'étend entre la pointe du coccyx et l'anus.

Localisations sensitives et motrices radiculaires et médullaires.

En étudiant, dans les leçons qui précèdent, la distribution des fibres périphériques, soit sensitives, soit motrices, nous n'avons considéré les nerfs qu'au sortir des plexus. Nous avons vu, par exemple, que le nerf musculo-cutané provient du tronc antéro-externe du plexus brachial, qu'il innerve les muscles coraco-brachial, biceps et brachial antérieur et qu'il donne la sensibilité à la peau qui recouvre la région antéro-externe de l'avant-bras ; mais, à cause de l'échange de fibres nerveuses qui se fait entre les branches d'origine de ce plexus brachial, nous ignorons complètement de quelles *racines spinales* proviennent les fibres nerveuses qui entrent dans la constitution de ce nerf musculo-cutané. Il en est de même pour chacune des branches terminales des différents plexus : cervical, brachial, lombaire et sacré. L'étude que nous avons faite jusqu'ici est importante au point de vue clinique, parce que si une lésion siège sur le nerf périphérique, au-delà du plexus, les troubles survenus dans la sensibilité et dans la motilité peuvent nous faire connaître le nerf lésé.

Mais cette étude est incomplète, parce qu'elle ne nous fournit aucun élément de diagnostic quand la lésion siège en deçà du plexus, c'est-à-dire sur les racines antérieures et postérieures des nerfs spinaux. Cette relation entre les racines des nerfs spinaux et les organes périphériques auxquels les fibres nerveuses de ces racines sont destinées constitue ce que l'on désigne sous le nom de *localisations sensitives et motrices radiculaires.* Elle a été étudiée principalement par SHERRINGTON au moyen de recherches expérimentales sur les animaux et par THORBURN au moyen d'observations cliniques.

Localisations sensitives radiculaires.

Dans ces nombreuses recherches expérimentales, SHERRINGTON a d'abord découvert ce fait étrange, c'est que la section d'une seule racine postérieure ne détermine pas d'anesthésie. Pour produire des troubles manifestes de la sensibilité, il faut au moins couper deux et même trois racines postérieures. La conclusion qui résulte de ce fait expérimental c'est que chaque région de la peau doit recevoir ses fibres sensitives de plus d'une racine postérieure.

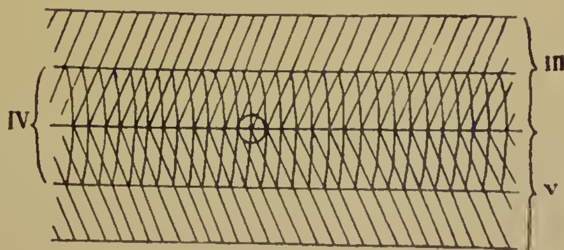


FIG. 316.
Schéma du mode d'innervation de la peau (d'après SHERRINGTON).

Pour déterminer exactement la région de la surface cutanée en

rapport avec une racine postérieure donnée, SHERRINGTON a eu recours à un procédé spécial qu'il désigne sous le nom de *procédé de la sensibilité persistante.* Supposons qu'il s'agisse de rechercher la distribution périphérique des fibres de la racine postérieure du quatrième nerf dorsal. SHERRIRGTON sectionne alors les racines postérieures du troisième et du deuxième nerf dorsal, ainsi que les racines postérieures du cinquième et du sixième nerf dorsal et cherche à délimiter la région cutanée où la sensibilité est restée intacte entre les deux régions complètement anesthésiées, FIG. 316, IV.

Il recherche alors, sur un autre animal et de la même façon, la région de distribution des fibres de la racine postérieure du troisième nerf dorsal, en sectionnant

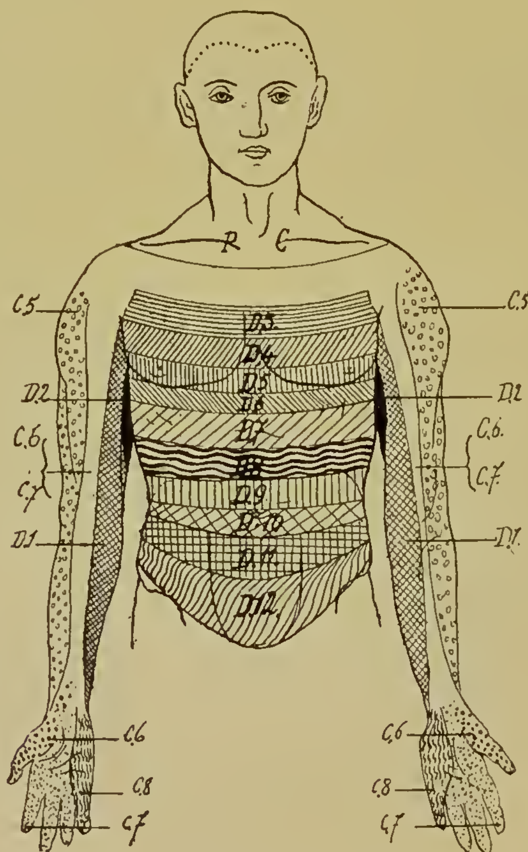


FIG. 317.

Mode de distribution des fibres radiculaires postérieures des nerfs cervicaux inférieurs et des nerfs dorsaux (d'après THORBURN).

les racines postérieures voisines, puis la région innervée par les fibres de la racine postérieure du cinquième nerf dorsal et il arrive à cette conclusion, nettement représentée dans la FIG. 316, c'est que chaque partie de la peau reçoit ses fibres sensitives d'au moins deux racines postérieures et que, pour produire une région anesthésiée quelque petite qu'elle soit, il faut la section ou la lésion des fibres de deux racines postérieures immédiatement voisines. Ces résultats sont surprenants en ce sens, que, s'ils sont l'expression exacte de la réalité, on pourrait sectionner,

sur un animal donné, la moitié de toutes les racines postérieures sans produire la moindre anesthésie, à la condition de ne pas sectionner ces racines l'une à la suite de l'autre, mais de sectionner soit toutes les racines paires, soit toutes les racines impaires.

Thorburn a étudié, chez l'homme, la distribution périphérique des fibres de chaque racine postérieure du plexus cervical et du plexus lombo-sacré en se basant soit sur des lésions traumatiques de la moelle, soit sur des lésions radiculaires.

Il résulte de ses recherches, fig. 317 et 318, que :

1° Les fibres radiculaires postérieures du cinquième nerf cervical donnent la sensibilité à la peau de la région deltoïdienne et à la face externe du bras et de l'avant-bras jusqu'à la racine du pouce.

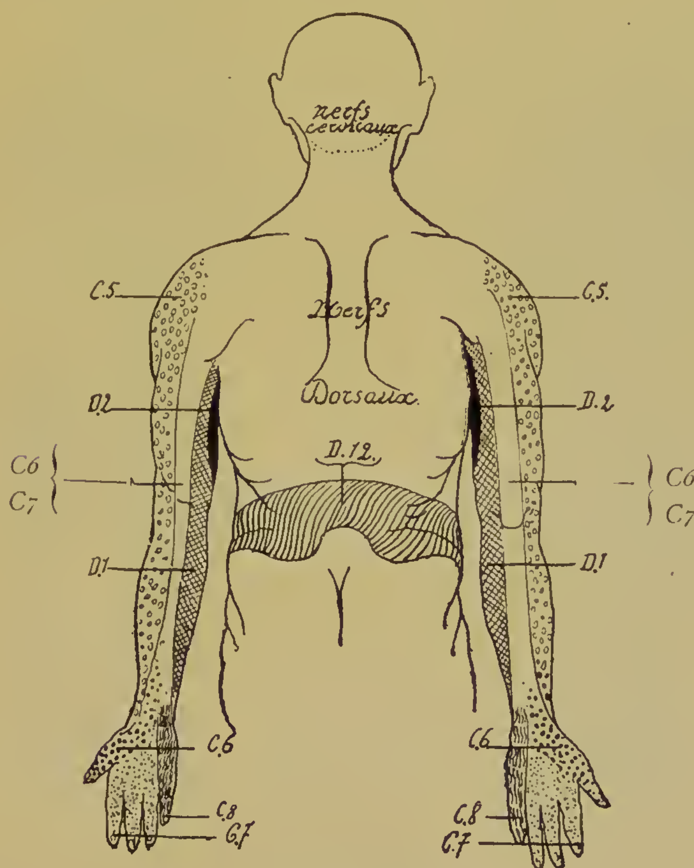


Fig. 318.

Mode de distribution des fibres radiculaires postérieures des nerfs cervicaux inférieurs et des nerfs dorsaux (d'après Thorburn).

2° Les fibres radiculaires postérieures du sixième et du septième nerf cervical innervent la partie moyenne de la face antérieure et postérieure du bras et de l'avant-bras, ainsi que toute l'étendue de la face palmaire et dorsale de la main, à l'exclusion d'environ le tiers interne, et des doigts à l'exception de l'auriculaire.

3° Les fibres radiculaires postérieures du huitième nerf cervical et du premier

nerf dorsal se distribuent au petit doigt et à la face interne de l'avant-bras et du bras.

4° Les fibres radiculaires postérieures des nerfs dorsaux innervent la peau du tronc ainsi que l'indiquent les figures 317 et 318.

Les mêmes recherches ont été faites par THORBURN pour la distribution périphérique des fibres radiculaires postérieures des nerfs lombaires et sacrés.

Les FIG. 319 et 320 indiquent nettement les zones de distribution des racines de ces différents nerfs. Il résulte de l'examen de ces figures que l'innervation cutanée

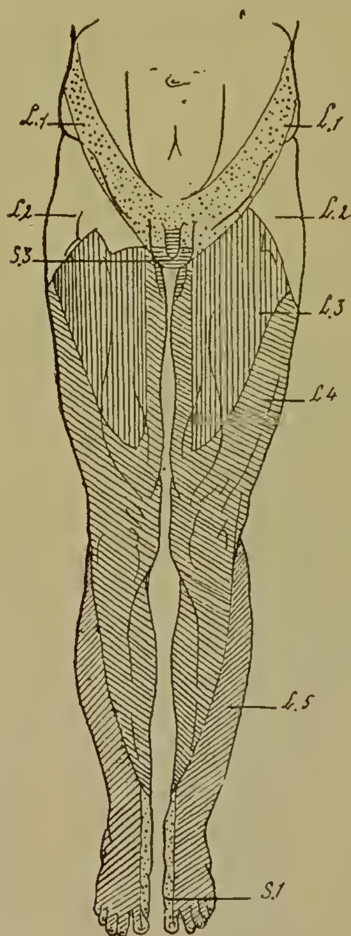


FIG. 319.

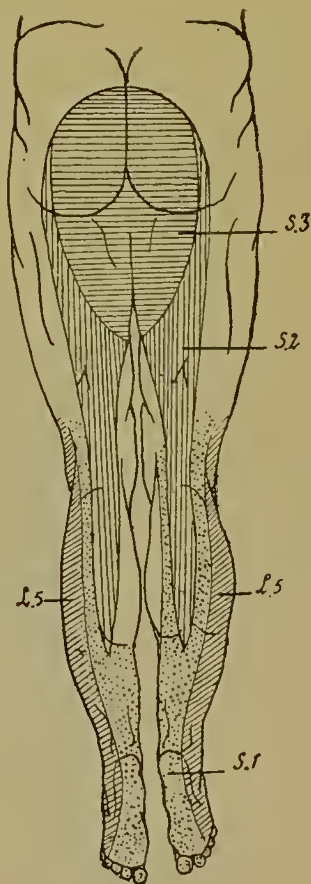


FIG. 320.

Mode de distribution des fibres radiculaires postérieures des nerfs lombaires et sacrés (d'après THORBURN).

de la face antérieure du membre inférieur appartient aux nerfs lombaires, tandis que l'innervation de la peau de la région fessière inférieure, de la région périnéale, de la région génitale et de presque toute l'étendue de la face postérieure du membre inférieur est sous la dépendance des nerfs sacrés.

Localisations motrices radiculaires.

L'étude des localisations radiculaires motrices a été faite surtout en Angleterre. Les recherches expérimentales de FERRIER, YEO, SHERRINGTON et RUSSELL et les

observations cliniques de THORBURN ont montré que chaque muscle périphérique est, au moins, innervé par deux racines, de telle sorte que la section d'une seule racine motrice ne détermine pas de trouble permanent dans les mouvements du membre ; pour qu'il y ait paralysie à la suite de lésions radiculaires, il faut que cette lésion intéresse pour le moins les fibres de deux racines immédiatement voisines.

Chacun des muscles du membre supérieur et du membre inférieur reçoit donc ses filets d'innervation d'au moins deux racines antérieures ; à plus forte raison, chaque nerf périphérique innervant un nombre plus ou moins considérable de muscles doit se constituer, au sortir du plexus brachial ou du plexus lombo-sacré, par la réunion de fibres nerveuses appartenant à des racines différentes.

Les fibres d'une racine antérieure donnée — depuis le premier nerf cervical jusqu'au premier nerf dorsal et depuis le premier nerf lombaire jusqu'au nerf coccygien — en passant par le plexus cervical, brachial, lombaire ou sacré, se séparent donc les unes des autres, s'enchevêtrent avec les fibres venues des racines voisines pour se rendre dans les nerfs périphériques différents. Il s'en suit que les lésions des racines antérieures des nerfs, ou *lésions radiculaires*, se traduiront au dehors par des paralysies (*paralysies radiculaires*) survenant dans des groupes de muscles innervés par des nerfs différents. C'est ainsi, par exemple, qu'à la suite d'une lésion intéressant les racines antérieures du cinquième et du sixième nerf cervical, on peut, si la lésion n'atteint pas toutes les fibres radiculaires, observer la paralysie des muscles deltoïde, biceps, brachial antérieur et long supinateur (*paralysie radiculaire de Erb*) ; si, au contraire, la lésion est complète, la paralysie envahira encore les muscles sus et sous-épineux, le rhomboïde, le chef claviculaire du grand pectoral et le muscle court supinateur (*paralysie obstétricale ou paralysie de Duchenne*) ; et cependant les fibres nerveuses innervant ces divers muscles proviennent de nerfs périphériques différents : le nerf axillaire pour le deltoïde, le nerf musculo-cutané pour le biceps et le brachial antérieur, le nerf radial pour le long supinateur et le court supinateur, des branches collatérales du plexus brachial, nerf sus-épineux et nerfs thoraciques antérieurs, pour les autres muscles.

Ce fait a été mis en évidence d'une façon toute spéciale par une observation clinique de ROSE (6). Chez un malade affecté d'un névrome, on dut réséquer les racines du cinquième et du sixième nerf cervical sur une étendue de plusieurs centimètres. Les conséquences de cette résection furent une paralysie des muscles scalène antérieur, sous-épineux, sus-épineux, petit rond, grand rond, deltoïde, biceps, brachial antérieur, coraco-brachial et long supinateur.

On comprend que, au point de vue clinique, il est de la plus haute importance de connaître, non seulement les relations qui existent entre les nerfs en aval des plexus et les muscles, mais encore les connexions que l'on trouve entre les nerfs en amont du plexus ou les racines antérieures des nerfs spinaux et les muscles.

Ces recherches ont été faites dans différents pays et ont donné des résultats sensiblement concordants.

En se basant sur les résultats fournis par l'étude des traumatismes de la moelle épinière, THORBURN a pu dresser le tableau suivant, indiquant l'innervation radiculaire des muscles du membre supérieur chez l'homme.

RACINES	MUSCLES
Quatrième racine cervicale	Sus-épineux. Sous-épineux. Petit rond (?).
Cinquième racine cervicale	Biceps. Brachial antérieur. Deltoïde. Long supérieur. Court supinateur.
Sixième racine cervicale	Sous-scapulaire. Pronateurs. Grand rond. Grand dorsal. Grand pectoral. Triceps. Grand dentelé.
Septième racine cervicale	Extenseurs de la main.
Huitième racine cervicale	Fléchisseurs de la main.
Première racine dorsale	Extenseurs des doigts. Fléchisseurs des doigts. Interosseux.

Un tableau analogue avait été dressé, en 1890, par STARR en se basant sur les troubles dans la motilité observés dans les lésions localisées de la moelle épinière. Ce tableau diffère quelque peu de celui de THORBURN. Nous le reproduisons ici tel qu'il a été donné par EDINGER (3) dans ses leçons sur le système nerveux central.

RACINES	MUSCLES
Deuxième et troisième racine cervicale	Sterno-cléïdo mastoïdien. Trapèze. Scalènes. Muscles de la nuque. Diaphragme.
Quatrième racine cervicale	Diaphragme. Sus-épineux. Sous-épineux, Deltoïde. Biceps. Coraco-brachial. Long supinateur. Rhomboïde.

RACINES	MUSCLES
Cinquième racine cervicale	Deltoïde. Biceps. Coraco-brachial. Long supinateur. Court supinateur. Grand pectoral (chef claviculaire). Grand dentelé. Rhomboïde. Brachial antérieur. Petit rond.
Sixième racine cervicale	Biceps. Brachial antérieur. Grand pectoral (chef claviculaire). Grand dentelé. Triceps. Extenseurs des mains et des doigts. Pronateurs.
Septième racine cervicale	Longue portion du triceps. Extenseurs de la main et des doigts. Fléchisseurs de la main. Pronateurs de la main. Grand pectoral (chef costal). Sous-scapulaire. Grand dorsal. Grand rond.
Huitième racine cervicale	Fléchisseurs de la main et des doigts. Petits muscles de la main.
Première racine dorsale	Extenseur du pouce. Petits muscles de la main. Muscles des éminences thénar et hypo-thénar.
Deuxième à douzième racine dorsale	Muscles du dos. Muscles de la paroi antéro-latérale de l'abdomen. Muscles sacro-lombaires.
Première racine lombaire	Psoas-iliaque. Couturier. Muscles de la paroi abdominale.
Deuxième racine lombaire	Psoas-iliaque. Couturier. Fléchisseurs du genou (Remak ?). Quadriceps fémoral.

RACINES	MUSCLES
Troisième racine lombaire	Quadriceps fémoral. Rotateurs internes de la cuisse. Abducteurs de la cuisse.
Quatrième racine cervicale	Abducteurs de la cuisse. Adducteurs de la cuisse. Tibial antérieur. Fléchisseurs du genou (FERRIER ?)
Cinquième racine lombaire	Rotateurs externes de la hanche. Fléchisseur du genou (FERRIER ?) Fléchisseur du pied. Extenseurs des orteils. Péroniers.
Première et deuxième racine sacrée	Fléchisseurs du pied et des orteils. Péroniers. Petits muscles du pied.
Troisième à cinquième racine sacrée	Muscles du périnée.

Dans le livre récent de RAYMOND(4), nous trouvons un tableau dressé par A. JULIEN pour les racines des nerfs cervicaux inférieurs ; ce tableau diffère quelque peu des deux tableaux précédents, mais il est plus conforme à l'observation clinique de ROSE rapportée plus haut.

RACINES	MUSCLES	NERFS
Cinquième et sixième racine cervicale	Deltoïde	N. circonflexe
	Biceps Brachial antérieur	N. musculo-cutané
	Long supinateur	N. radial
	Rhomboïde Pectoral (chef claviculaire Grand dentelé Sus-épineux Sous-épineux Sous-scapulaire	Branches collatérales du plexus brachial
Septième et huitième racine cervicale	Triceps	N. radial
	Grand pector. (chef sternal) Grand dorsal	Branches collatérales
	Extenseurs de la main	N. radial
Première racine dorsale	Tous les muscles innervés par le	N. cubital N. médian

Un détail important, au point de vue clinique, concernant les racines antérieures des nerfs cervicaux, c'est que la racine antérieure du huitième nerf cervical

et du premier nerf dorsal, avant de pénétrer dans le plexus brachial, s'anastomose par un rameau communicant avec le ganglion cervical inférieur du sympathique.

D'après les recherches de Mme Dejerine-Klumpke (5), le rameau communicant du premier nerf dorsal renferme des fibres qui, venant de la moelle, se rendent dans la chaîne sympathique et par là au globe oculaire. Si ce rameau communicant, ou la racine antérieure du premier nerf dorsal est lésé, on observe des troubles oculo-pupillaires consistant dans un rétrécissement manifeste de la pupille (myosis) accompagné d'un rétrécissement de la fente palpébrale,

Ce fait a été confirmé d'une manière éclatante par Oppenheim (7). Un traumatisme de la moelle dû à un coup de fusil a mis à nu les premières racines dorsales. L'excitation de la première dorsale par un courant faible a été suivie immédiatement d'une dilatation maximum de la pupille du même côté persistant pendant quelques secondes. L'excitation de la deuxième racine est restée sans effet. Il résulte de cette expérience faite sur l'homme que la racine antérieure du premier nerf dorsal est la voie principale des fibres dilatatrices de la pupille conformément aux résultats des recherches expérimentales faites sur le chien par Mme Dejerine-Klumpke et conformément aussi aux observations cliniques de Pfeiffer, Prevost, Möxter, Heubner et Bruns. Il reste à rechercher si des fibres dilatatrices de la pupille passent également par la racine antérieure du huitième nerf cervical.

Un autre détail concerne la moelle lombaire et les nerfs périphériques qui en dépendent. Des recherches expérimentales ont établi que les muscles droit antérieur et vaste interne entrent en jeu dans la production du réflexe rotulien. Ces muscles sont innervés par une branche du nerf crural. Chez le singe, les filets d'innervation de ces muscles proviennent de la racine antérieure du cinquième nerf lombaire ; ce qui correspond, chez l'homme, au quatrième ou même au troisième nerf lombaire.

Pour que ce réflexe puisse se produire, une première condition indispensable c'est que les neurones moteurs périphériques qui sortent de la moelle par la racine antérieure du quatrième et du troisième nerf lombaire soient intacts.

Les fibres sensitives qui se terminent dans le ligament rotulien, et dont les terminaisons périphériques sont excitées lors de la percussion de ce tendon, pénètrent dans la moelle épinière par la racine postérieure du quatrième et du troisième nerf lombaire ; les branches de bifurcation ascendantes et descendantes de ces fibres radiculaires vont occuper, à leur entrée dans la moelle, la partie tout-à-fait externe du cordon postérieur, celle immédiatement voisine de la corne postérieure. La seconde condition indispensable à la production du réflexe rotulien, c'est que les neurones sensitifs périphériques qui entrent dans la moelle par la racine postérieure du quatrième et du troisième nerf lombaire soient intacts non seulement dans leur trajet extra-médullaire, mais encore dans leur trajet intra-médullaire. La partie du cordon postérieur de la moelle lombaire occupée par les fibres radiculaires de ces deux nerfs lombaires et dont la lésion produit l'abolition du réflexe rotulien porte encore le nom de *zone de Westphal.*

Localisations sensitives médullaires.

Nous avons vu, par ce qui précède, que, au point de vue de la sensibilité, l'innervation de la peau se fait d'une façon complètement différente suivant que l'on considère les nerfs périphériques ou les racines postérieures qui leur donnent naissance. Ce fait est important à signaler. Il s'en suit, en effet, au point de vue clinique que les troubles de la sensibilité présenteront une distribution différente suivant qu'ils sont consécutifs à la lésion d'un nerf ou à la lésion d'une racine.

Il nous reste maintenant à rechercher le mode de distribution de la sensibilité cutanée en rapport avec la moelle épinière elle-même et plus spécialement avec la substance grise médullaire. C'est là une question toute nouvelle dont la solution ne pourra plus être obtenue par des recherches expérimentales puisque la substance grise médullaire est enveloppée de toutes parts par de la substance blanche. Le seul moyen de résoudre le problème c'est l'analyse attentive des cas cliniques se rapportant à des affections médullaires caractérisées, au point de vue anatomo-pathologique, par des lésions plus ou moins étendues de la substance grise de la moelle. C'est ce que l'on observe principalement dans la syringomyélie et quelquefois aussi dans l'hématomyélie.

Une première particularité qui caractérise une lésion de la substance grise, quelle que soit son étendue, c'est qu'elle ne retentit pas sur tous les modes de sensibilité; elle laisse intacte, en effet, la sensibilité tactile et la sensibilité musculaire et entraîne uniquement la diminution ou l'abolition de la sensibilité douloureuse et de la sensibilité thermique. C'est ce que l'on désigne sous le nom de *dissociation syringomyélique de la sensibilité* ou *thermo-analgésie.*

La distribution périphérique de cette dissociation syringomyélique peut se présenter sous deux types bien distincts : le premier et le plus fréquent, semble-t-il, c'est le *type radiculaire;* la perte de la sensibilité douloureuse et thermique survient dans des régions cutanées en connexion anatomique avec les racines postérieures des nerfs spinaux. C'est ce qui résulte nettement des cas cliniques récents observés par Dejerine (8) et par nous-même (9).

Mais à côté de ce type radiculaire, la thermo-analgésie due à une lésion de la substance grise de la moelle peut encore se présenter sous un autre type : le *type segmentaire* complètement indépendant de la distribution anatomique soit des nerfs, soit des racines. Dans ce type segmentaire, la thermo-analgésie affecte des segments de membre dans leur totalité, soit la main, soit l'avant-bras, la jambe, le pied, etc. Cette région cutanée privée de sensibilité douloureuse et thermique se trouve séparée des régions voisines par des lignes horizontales perpendiculaires à l'axe du membre. C'est ce que l'on désigne encore sous le nom de anesthésie syringomyélique en *tranches*, en *manches*, en *gants,* en *bas*, etc.

Brissaud (10) a, dans ces derniers temps, appelé l'attention sur cette distribution segmentaire des troubles de la sensibilité qu'il désigne sous le nom de distribution *métamérique.* Pour l'expliquer, il a édifié une théorie nouvelle : la *théorie de la métamérie spinale* d'après laquelle chaque segment de membre serait représentée, dans la substance grise de la moelle, par une colonne cellulaire plus ou moins

nettement distincte. Cette théorie, pour autant qu'elle se rapporte aux troubles de la sensibilité, ne repose encore sur aucun fait anatomique précis.

Il s'ensuit que, au point de vue de la sensibilité, on ne peut guère parler encore, dans l'état actuel de la science, de localisations dans la *substance grise* médullaire.

L'étude des localisations sensitives dans la *substance blanche* de la moelle épinière est beaucoup plus avancée.

Nous avons vu, par l'étude des dégénérescences secondaires, que les fibres sensitives occupent la plus grande partie des cordons postérieurs, le faisceau cérébelleux et le faisceau de Gowers du cordon latéral. Ces différents faisceaux de fibres nerveuses semblent transmettre, vers les parties supérieures du névraxe, des sensibilités différentes.

Que les fibres des cordons postérieurs ne transmettent pas les impressions douloureuses et thermiques, c'est ce qui résulte de ce fait anatomo-pathologique incontestable c'est que la lésion de la substance grise entraîne la perte de cette double sensibilité. Les impressions douloureuses et thermiques sont transmises par les fibres du faisceau de Gowers, ainsi que nous croyons l'avoir démontré (11).

On admet généralement, depuis Schiff, que les fibres des cordons postérieurs transmettent les impressions de la sensibilité *tactile*. C'est là cependant un fait qui nous paraît loin d'être établi. Les recherches expérimentales faites sur les animaux : section des cordons postérieurs, lésion des noyaux de Goll et de Burdach, ne semblent amener que des troubles du *sens musculaire* avec intégrité de la sensibilité cutanée (Bechterew, Ferrier et Turner, Tschermak).

Pour prouver que cette sensibilité spéciale n'est pas transmise par les fibres des cordons postérieurs, Langendorff (12) a eu recours aux recherches suivantes : on sait que, chez des lapins faiblement curarisés, les irritations de la peau, insuffisantes pour provoquer de la douleur, sont suivies d'une augmentation quelquefois considérable de la pression sanguine. Il suffit quelquefois, comme l'ont démontré Grutzner et Heidenhain (13), de souffler simplement sur la peau pour voir la pression sanguine monter de plusieurs centimètres. Se basant sur ces faits. Langendorff a pris la courbe de la pression sanguine dans la carotide. Après avoir vérifié que chaque excitation tactile amena une élévation de la courbe, il a lié l'aorte abdominale pour mettre ainsi hors de fonction la substance grise de la moelle lombo-sacrée (expérience de Stenson) ; après *quelques minutes,* toute irritation de la peau des membres inférieurs resta sans effet sur la pression du sang, alors que cette même irritation, portée sur le membre thoracique, était suivie d'un résultat positif.

De ces recherches, Langendorff conclut, à juste titre, que la sensibilité tactile n'est pas conduite par les fibres longues des cordons postérieurs, mais bien que, pour arriver au cerveau, elle doit traverser la substance grise de la moelle.

Cette même conclusion découle encore d'une autre série d'expériences. L'injection intraveineuse de nitrate de strychnine amène rapidement, chez le lapin, des contractions musculaires généralisées. Si on lie alors l'aorte abdominale, on voit déjà, au bout de trois à quatre minutes, que les excitations cutanées ne provoquent plus de contractions dans les muscles des membres inférieurs. De plus, l'excitation vive et répétée de la peau des membres inférieurs n'est plus suivie de contractions réflexes dans la tête et les membres supérieurs.

De là il résulte, dit Langendorff, que les fibres radiculaires postérieures qui montent directement dans les cordons postérieurs ne conduisent au cerveau ni les impressions douloureuses ni les impressions tactiles.

Une conclusion analogue pourrait bien, un jour ou l'autre, se vérifier chez l'homme. Nous savons, en effet, que la lésion des fibres des cordons postérieurs amenée par le tabes peut, elle aussi, laisser intacte la sensibilité cutanée sous toutes ses formes et ne se traduire au dehors que par des altérations de l'équilibre.

Les fibres des cordons postérieurs semblent donc destinés à la transmission du sens musculaire.

Quant aux *fibres du faisceau cérébelleux,* on admet généralement qu'elles conduisent les impressions de la sensibilité musculaire. C'est là, cependant, une question nullement élucidée. En présence des recherches expérimentales de Langendorff, nous nous demandons même si ce ne sont pas là les fibres conduisant la sensibilité tactile.

Localisations motrices médullaires.

L'étude des localisations motrices dans la substance grise de la moelle épinière est de date toute récente.

Quand on examine au microscope une coupe transversale de la moelle dorsale, depuis le deuxième ou troisième segment dorsal jusqu'au deuxième segment lombaire, FIG. 321, on voit que les cellules radiculaires ne constituent, dans la

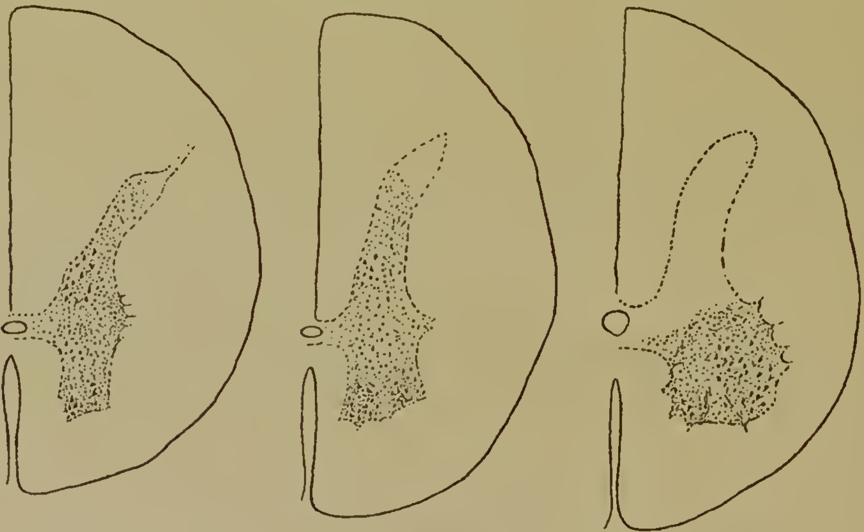


FIG. 321. FIG. 322. FIG. 323.

Coupes passant par le bord supérieur du

1r segment lombaire. 2e segment lombaire. 3e segment lombaire.

corne antérieure, que deux amas cellulaires excessivement grêles. Ce sont deux minces colonnes grises en connexion intime avec les muscles de la colonne vertébrale et les muscles des parois thoraciques et abdominales. Arrivé au niveau

du renflement cervical et du renflement lombaire, le nombre des cellules radiculaires augmente considérablement, en même temps ces cellules se réunissent en nombreux amas plus ou moins distincts que l'on désigne quelquefois, d'après la place qu'ils occupent, en groupement médian, groupement antéro-interne,

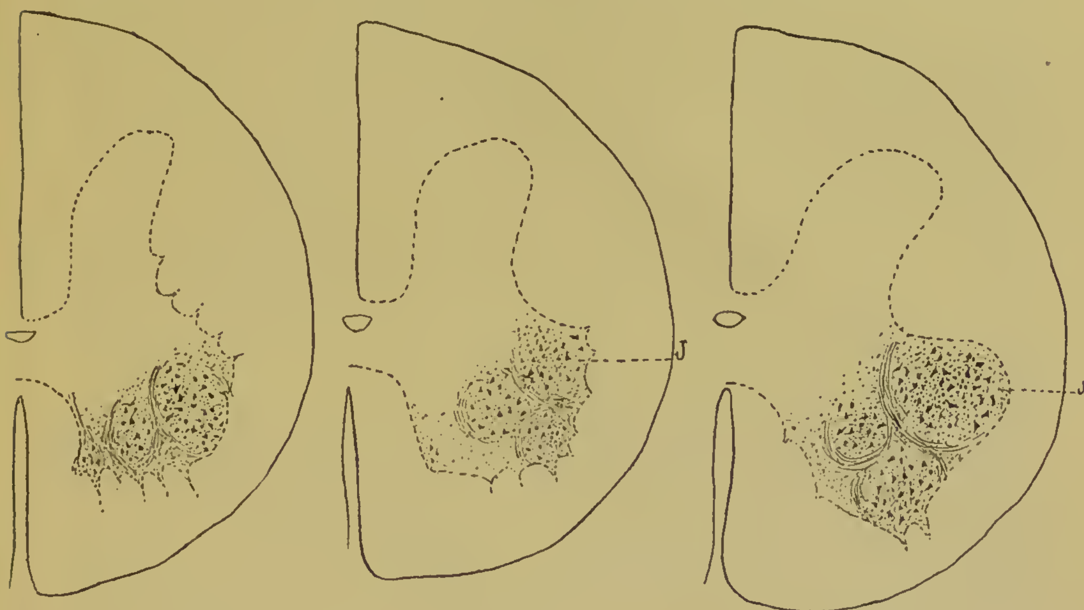


FIG. 324. FIG. 325. FIG. 326.

Coupes passant par le bord supérieur du

4e segment lombaire. 5e segment lombaire. 1r segment sacré.

groupement antéro-externe, groupement central et groupement postéro-latéral. Mais ces dénominations n'ont rien de précis, parce que, si l'on poursuit, sur une série continue de coupes transversales, la position d'un groupement cellulaire

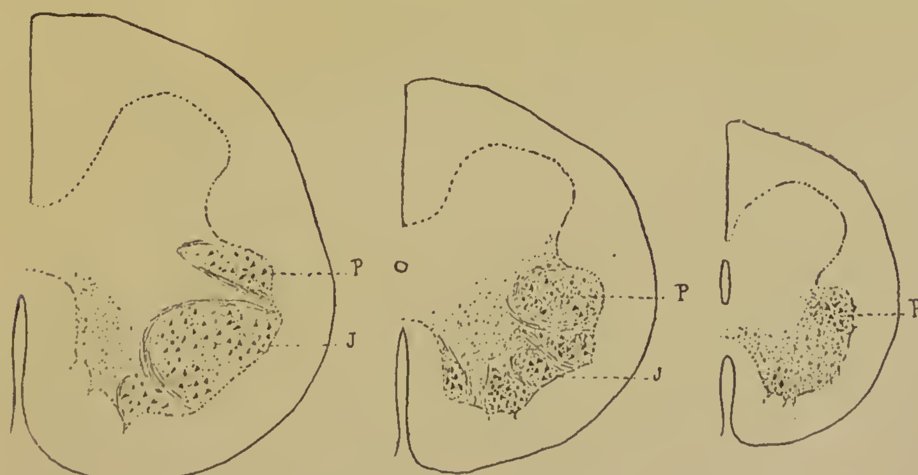


FIG. 327. FIG. 328. FIG. 329.

Coupes passant par le bord supérieur du

2e segment sacré. 3e segment sacré. 4e segment sacré.

déterminé (par exemple le groupe J dans les FIG. 325 à 328), on voit souvent que la même colonne cellulaire occupe la partie postéro-latérale de la corne antérieure au niveau de son extrémité supérieure, FIG. 325, J, tandis que par son extrémité inférieure elle constitue un groupement central ou antéro-externe, FIG. 327, J.

Ces groupements cellulaires. surajoutés en quelque sorte à la moelle dorsale pour constituer le renflement cervical et le renflement lombaire, doivent être en connexion intime avec les muscles du membre thoracique et les muscles du membre abdominal.

Comment s'établit cette connexion entre ces groupements cellulaires et les muscles périphériques ?

En s'appuyant sur le fait que chaque nerf moteur cranien est représenté, dans la substance grise du névraxe, par une colonne de cellules nerveuses nettement délimitée constituant son noyau d'origine, il était permis de supposer qu'une disposition analogue pouvait se retrouver dans la moelle épinière et que chacune des colonnes grises du renflement cervical et du renflement lombaire représentait peut être le noyau d'origine de l'un ou l'autre nerf périphérique. Cette idée a guidé MARINESCO (14) dans ses recherches expérimentales sur l'origine réelle des nerfs du membre thoracique chez le lapin. En se basant sur ses recherches, il a essayé de délimiter, dans la substance grise du névraxe, ce qu'il appelle le noyau du radial, du cubital, du médian et du nerf musculo-cutané. Cette même idée a inspiré PARHON et POPESCO (15) dans leurs recherches sur l'origine réelle du nerf sciatique. Mais ces recherches ne viennent nullement à l'appui de cette manière de voir. Les masses grises en connexion avec les différents nerfs périphériques ne sont nullement bien délimitées et certaines d'entre elles, notamment celles qui représenteraient, d'après MARINESCO, le noyau du cubital et le noyau médian sont intimement fusionnées en une masse cellulaire unique.

Le groupement des cellules radiculaires en amas distincts ne semble donc pas être en rapport anatomique avec les gros nerfs périphériques.

On pouvait se demander aussi si les nombreux groupements cellulaires existant dans les deux renflements de la moelle épinière n'étaient pas en rapport étroit avec les muscles périphériques de telle sorte que chaque muscle serait représenté, dans la substance grise, par une colonne cellulaire distincte. La localisation motrice médullaire serait dans ce cas une localisation musculaire. SANO (16), dans un grand nombre de travaux, a défendu cette manière de voir. En se basant sur l'examen de trois moelles d'amputés du membre inférieur, sur quelques expériences faites sur les animaux, sur les recherches anatomo-pathologiques consignées dans la littérature ainsi que sur les études d'anatomie comparée de KAISER, SANO arrive à la conclusion que chaque muscle a, dans la substance grise du névraxe, son noyau d'innervation distinct. Et, conformément à cette conclusion, il dresse un schéma général de la substance grise médullaire ou presque chaque muscle périphérique se trouve représenté par une colonne grise nettement délimitée. Ce qui semble venir à l'appui de cette manière de voir de SANO ce sont les résultats des recherches expérimentales de SANO lui-même (17), KOHNSTAMM (18) et MARINESCO (19) sur l'origine réelle du nerf phrénique, recherches qui ont établi que les fibres d'innervation du muscle diaphragme proviennent d'une longue colonne cellulaire

distincte occupant la partie centrale de la corne antérieure depuis la partie inférieure du troisième segment cervical jusqu'à la partie moyenne du sixième.

Il est incontestable que chaque muscle du corps, par cela même qu'il reçoit un certain nombre de fibres nerveuses, doit être en connexion avec un certain nombre de cellules de la substance grise du névraxe, mais il n'est pas encore prouvé jusqu'à présent que les cellules en rapport avec un muscle donné forment un amas cellulaire assez nettement distinct pour qu'on puisse lui donner le nom de noyau. Ce dont nous sommes, d'ailleurs, absolument certain c'est que les groupements *naturels* qui existent dans la moelle épinière au niveau des renflements ne peuvent pas être considérés comme des noyaux d'origines de muscles distincts. Car, s'il en était ainsi, le nombre de ces groupements cellulaires devrait être beaucoup plus considérable.

Quelle signification convient-il donc de donner à ces amas de cellules nerveuses?

Il résulte des recherches que nous avons faites en collaboration avec De Buck (20), que les deux groupements cellulaires J et P de la moelle lombo-sacrée, fig. 325 à 329, sont en connexion étroite avec les muscles de la jambe et du pied. Ce qui le prouve, c'est que les cellules qui forment ces deux amas cellulaires ont été trouvées toutes en chromolyse dans deux cas d'amputation de la jambe dont nous avons étudié la moelle avec la méthode de Nissl. Il résulte de plus des recherches que nous avons faites en collaboration avec C. Nelis (21), que les cellules du groupe P se mettent *seules* en état chromolytique après l'amputation du pied. Nous devons conclure de ces faits que les groupements cellulaires *naturels* qui, au niveau du renflement cervical et du renflement lombaire, viennent compliquer la structure si simple de la substance grise le long de la moelle dorsale, ne sont ni des noyaux en rapport avec des nerfs périphériques, ni des noyaux en rapport soit avec des muscles isolés soit avec des groupes de muscles ayant la même fonction physiologique, mais chacun de ces groupements cellulaires est en connexion intime avec *tous les muscles* d'un segment de membre. La localisation motrice dans la moelle épinière n'est donc ni nerveuse, ni musculaire ; elle est *segmentaire*. Aux trois segments du membre supérieur et aux trois segments du muscle inférieur correspondent, dans la moelle cervico-dorsale et lombo-sacrée, trois colonnes cellulaires distinctes. Chacune de ces colonnes s'étend sur un certain nombre de segments médullaires. Ces colonnes sont superposées de telle façon que la colonne en rapport avec le segment le plus distal (le pied ou la main) se trouve en dessous de celle en connexion avec le segment voisin. De plus, ces colonnes cellulaires chevauchent légèrement l'une sur l'autre de telle sorte que par son extrémité inférieure chacune de ces colonnes vient se placer au devant de l'extrémité supérieure de la colonne sous-jacente. Il résulte d'une telle disposition qu'une colonne segmentaire donnée formera, sur une coupe transversale passant par son extrémité supérieure, le groupement postéro-latéral de la corne antérieure alors que sur la coupe passant par son extrémité inférieure, cette même colonne cellulaire formera le groupement antéro-externe, le groupe postéro-latéral étant formé, à ce niveau, par l'extrémité supérieure de la colonne segmentaire sous-jacente. C'est ce que l'on voit en toute évidence sur les fig. 325 à 329, représentant les colonnes segmentaires des muscles de la jambe et des muscles du pied.

Chacun des groupements naturels ou noyaux segmentaires de la substance grise médullaire se trouve souvent constitué de trois ou quatre amas cellulaires plus petits. Il reste aux recherches ultérieures à établir si ces petits groupements secondaires ont quelque importance au point de vue anatomique ou physiologique.



Littérature.

1. RAUBER : *Die letzten spinalen Nerven und Ganglien*. Morphologisches Jahrbuch, 1877. — 2. SCHWALBE : *Nervenlehre*, 1881. — *Localisations motrices et sensitives medullaires.* — 3. EDINGER : *Vorlesungen über den Bau der nervösen Centralorgane*, Leipzig, 1893. — 4. RAYMOND : *Clinique des maladies du système nerveux*, Paris 1896. — 5. Mme DEJERINE-KLUMPKE : *Les paralysies radiculaires*. Revue de Médecine, 1885. — 6. ROSE : *Ein Neurom der Erb'schen Plexus Wurzeln*. Deutsche Zeitschrift f. Klin. Chirurgie, 1886, p. 392. — 7. OPPENHEIM : *Ueber elektrische Reizung des ersten Dorsalwurzel beim Menschen*. Berliner Klin. Wochenschrift, nr 34, 1896. — 8. DEJERINE : *Sur l'existence de troubles de la sensibilité à topographie radiculaire dans un cas de lésion circonscrite de la corne postérieure*. Société de Neurologie de Paris. Revue de Neurologie. 1897, p. 518. — 9. VAN GEHUCHTEN : *Un cas de syringomyélie avec troubles de la sensibilité à topographie radiculaire*. Journal de Neurologie. 1899. — 10. BRISSAUD : *Leçons sur les maladies nerveuses*. Paris. 1899. — 11. VAN GEHUCHTEN : *La dissociation syringomyélique de la sensibilité dans les compressions et les traumatismes de la moelle épinière et son explication physiologique*. La Semaine médicale. 1899. — 12. LANGENDORFF : *Zur Kenntniss der sensiblen Leitungsbahnen im Rückenmark*. Archiv für Physiologie. 1898. p. 401-411. — 13. GRUTZNER et HEIDENHAIN : *Einige Versuchen und Fragen, die Kenntniss der reflectorischen Drucksteigerung betreffend*. Archiv f. Physiologie. Bd. XVI. — 14. MARINESCO : *Contribution à l'étude des localisations des noyaux moteurs dans la moelle épinière*. Revue Neurologique. 1898, p. 463. — 15. PARHON et POPESCO : *Sur l'origine réelle du nerf sciatique*. La Roumanie médicale. 1899, p. 80-83. — 16. SANO : *Les localisations motrices dans la moelle lombo-sacrée*. Journal de Neurologie 1897. — *Les localisations motrices dans la moelle épinière*. Congrès de Neurologie, Bruxelles, 1899. — *Les localisations des fonctions motrices dans la moelle épinière*. Anvers, 1897. — 17. SANO : *Nucleus diaphragmae*. Journal médical de Bruxelles, 20 oct. 1898. — 18. KOHNSTAMM : *Zur Anatomie und Physiologie des Phrenicuskerns*. Fortschritte der Medicin, 1 Sept. 1898. — 19. MARINESCO : *De l'origine réelle du nerf phrénique*. Semaine Médicale, déc. 1893, p. 510. — 20. VAN GEHUCHTEN et DE BUCK : *La chromatolyse dans les cornes antérieures de la moelle après désarticulation de la jambe et ses rapports avec les localisations motrices*. Journal de Neurologie, 5 mars 1898. — *Contribution à l'étude des localisations des noyaux moteurs dans la moelle lombo-sacrée et de la vacuolisation des cellules nerveuses*. Revue Neurologique. 15 avril 1898. — 21. VAN GEHUCHTEN et NELIS : *La localisation motrice médullaire est une localisation segmentaire*. Journal de Neurologie, 5 août 1899.

OUVRAGES A CONSULTER

concernant la structure interne de la moelle épinière.

KÖLLIKER : *Handbuch der Gewebelehre des Menschen*. Sechste Auflage, Bd. II, Hft I, Leipzig, 1893.

v. LENHOSSEK : *Der feinere Bau des Nervensystems im Lichte neuester Forschungen*, 2e Auflage, Berlin, 1895.

EDINGER : *Vorlesungen über den Bau der nervösen Centralorgane*, 5e Auflage, Leipzig, 1896.

OBERSTEINER : *Anleitung beim Studium des Baues der nervösen Centralorgane im gesunden und kranken Zustande*. 3e Auflage, Leipzig, 1896.

CHARPY : *Système nerveux* dans le Traité d'anatomie humaine publié par POIRIER, Tome III, 1er fasc., Paris, 1894.

CAJAL : *El sistema nervioso del hombre y de los vertebrados*. Madrid 1897.

(Fini d'imprimer le 10 Août 1899.)